

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GEOLOGIA
MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO



**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE FORMAÇÕES
FERRÍFERAS E ROCHAS ULTRAMÁFICAS A OESTE DA
CIDADE DE SÃO TIAGO, MINAS GERAIS**

RENAN CANELLAS RAMSAUER

Orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo
(Departamento de Geologia - UFRJ)

Co-orientador: Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila
(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional – UFRJ)

JANEIRO, 2012
RIO DE JANEIRO – RJ - BRASIL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

CURSO DE GEOLOGIA

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO
FERRÍFERA E ROCHAS ULTRAMÁFICAS
ASSOCIADAS, A OESTE DA CIDADE DE SÃO TIAGO,
MINAS GERAIS.**

RENAN CANELLAS RAMSAUER

APROVADA POR:

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila

Prof. Dr. Ronaldo Mello Pereira

Profa. Dr. Silvia Regina de Medeiros

JANEIRO, 2012

RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

FICHA CATALOGRÁFICA

RAMSAUER, Renan Canellas

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE FORMAÇÕES FERRÍFERAS E
ROCHAS ULTRAMÁFICAS A OESTE DA CIDADE DE SÃO TIAGO,
MINAS GERAIS**

XIII, 42 p., 29,7 cm (Instituto de Geociências – Departamento de Geologia – UFRJ,
Trabalho Final de Curso, 2011)

Trabalho Final de Curso: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de
Geologia.

- 1- Formações Ferríferas Bandadas
- 2- Rocha Ultramáfica
- 3- Mapeamento
- 4- Petrografia
- 5- Cinturão Mineiro
- 6- Cráton São Francisco

I-IGEO/UFRJ

II- Título (série)

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria Cristina Rodriguês Canellas, por ser minha melhor amiga, por sempre acreditar em mim e por me apoiar em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, Eduardo Ramsauer, pela curiosidade e o entusiasmo de acompanhar a minha formação mesmo de longe.

Ao meu irmão, Gabriel Canellas Ramsauer, que apesar da distância sempre me apoiou e esteve ao meu lado quando mais precisei.

Ao meu padrasto, Reynaldo Pires da Fonseca, pela atenção, disponibilidade e carinho; bem como a toda minha família, por sempre me apoiar e torcer por mim.

À Priscilla Lacerda Silva, por seu amor e paciência durante essa fase importante.

Ao professor, orientador e amigo, Everton Bongioiolo Marques, pela oportunidade e todo o conhecimento adquirido durante o trabalho, incentivo e apoio.

Ao coorientador Ciro Alexandre Ávila, pela amizade, discussões e questionamentos que ajudaram a finalizar esse trabalho.

Ao amigo Millon Cantuaria Romaguera, por poder chamá-lo de irmão.

Agradeço a todos os meus grandes amigos feitos ao longo da faculdade, em especial, Thiago Rodriguês Mattos, Felipe Neponuceno, Thales Tiago Chagas Santos Azevedo, Isabella Nascimento, Fernando Davi, Jann Silman, Thiago Fontineli por tornarem esse período especial.

Ao Rômulo Stohler pela amizade e o conhecimento, que me ajudaram na etapa de campo.

À UFRJ pela oportunidade de realizar o intercâmbio na Universidade de Coimbra.

Um agradecimento muito especial aos meus avôs Sergio Rodriguês Canellas e Maria Luiza de Souza Canellas, pela paciência, apoio e dedicação durante essa fase importante da minha vida.

A todos aqueles que colaboraram, ajudaram e incentivaram que não foram citados nesta lista, agradeço de coração.

RESUMO

Na região á leste da cidade de São Tiago (Minas Gerais) foi realizado mapeamento geológico na escala 1:25.000 de cerca de 16 Km², envolvendo principalmente as Formações Ferríferas Bandadas intercaladas com rochas ultramáficas, depositadas sobre gnaisses. Em termos gerais, a Formação Ferrífera apresentada no trabalho é composta por alternância de sílica e óxido de Ferro, que foi caracterizada em escala de mapa, em afloramento e no estudo petrográfico. Esta rocha localmente contém óxido de manganês denominado em campo de Gondito associado, e rocha ultramáfica intercalada.

A rocha ultramáfica presente compreende corpos vulcânicos de granulação média a grossa com textura variando de equigranular a inequigranular seriada. Este conjunto é composto essencialmente de clinopiroxênio, olivina e magnetita, raro anfibólio fibroso, interpretado como borda de reação de piroxênio e olivina. Esta rocha é classificada como wehrlito e teria se formado em ambiente extensional.

Em termos de contexto tectônico, propõe-se que a evolução da borda meridional do cráton do São Francisco na região estudada envolveria um rifteamento, com exumação mantélica. Neste sentido o ambiente geotectônico da área estudada corresponderia a um *greenstone belt*, e não a uma extensão da paleoplataforma da Formação Ferrífera encontrada na Formação Cauê do Grupo Itabira no Quadrilátero Ferrífero.

ABSTRACT

In the region east of the city of São Tiago (Minas Gerais) was carried out geological mapping on 1:25,000 scale of approximately 16 square kilometers, involving mainly the banded iron formations interspersed with ultramafic rocks, deposited on gneisses. In general, the iron formation presented in the work is composed of alternation of silica and iron oxide, which was featured in map scale, outcrop and petrographic study. This rock locally contains manganese oxide associated denominated Gondito, and ultramafic rock interspersed.

The ultramafic rock present comprises volcanic bodies of coarse to medium grained equigranular texture ranging from the serial inequigranular. This set is mainly composed of clinopyroxene, olivine and magnetite, rare fibrous amphibole, interpreted as a reaction rim of pyroxene and olivine. This rock is classified as wehrlito and would have formed in extensional environment.

In terms of tectonic context, it is proposed that the evolution of the southern border of the San Francisco craton in the study area involve a rifting, with mantle exhumation. In this sense the geotectonic environment in the study area correspond to a greenstone belt, and not an extension of the iron formation of the paleoplateforma of the Cauê Formation in Itabira Group in the Quadrangle.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - OBJETIVOS E COMO ALCANÇA-LOS.....	2
3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	3
4 - MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO.....	4
4.1 - ETAPA PRÉ-CAMPO	4
4.2 - ETAPA DE CAMPO	4
4.2.1 - Mapeamento geológico	4
4.2.2 - Coleta de amostras de rochas	4
4.3 - ETAPA PÓS-CAMPO	5
4.3.1 - Laboratório	5
4.3.2 - Trabalho de escritório	5
5 - GEOLOGIA REGIONAL	6
5.1 - CRÁTON DO SÃO FRANCISCO	6
5.2 - GREENSTONE BELTS	7
5.3 - CINTURÃO MINEIRO	8
5.4 - QUADRILÁTERO FERRÍFERO	8
5.4.1 - Terrenos granito-gnáissicos arqueanos	9
5.4.2 - Sequência metavulcanossedimentar arqueana	9
5.4.3 - Supergrupo Rio das Velhas	10
5.4.4 - Supergrupo Minas	11
5.4.5 - Grupo Sabará	12

5.4.6 - Grupo Itacolomi	12
5.4.7 - Supergrupo Espinhaço.....	12
6 - GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA	13
6.1 - INTRODUÇÃO	13
6.2 - ORTOGNAISSE GRANÍTICO SÃO TIAGO.....	14
6.3 - ORTOGNAISSE TONALÍTICO SERRA	15
6.4 - CORPOS TABULARES DE NORITO	16
6.5 - FORMAÇÕES FERRÍFERAS.....	18
6.5.1 - Classificação, origem do Termo e Problemática	18
6.5.2 - Origem e evolução	19
6.5.3 - Aspectos de campo	20
6.5.4 - Petrografia	22
6.6 - ROCHA ULTRAMÁFICA.....	26
6.6.1 - Nomenclatura	26
6.6.2 - Aspectos de campo	27
6.6.3 - Petrografia	29
6.7 - QUARTZITO.....	35
7 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	36
8 - REFERÊNCIAS.....	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Listagem das amostras coletadas, laminadas (*) e estudadas por MEV-EDS.

Legenda: BIF = Formação Ferrífera Bandada. **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 2: Ordem de cristalização da rocha ultramáfica observada na lâmina descrita. **Erro!**

Indicador não definido.

Tabela 3: Composição modal obtida para a amostra da rocha ultramáfica. **Erro! Indicador**

não definido.

Tabela 4: Comparação das Formações Ferríferas próximo da área de estudo com a do presente

trabalho. **Erro! Indicador não definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: (A) - Mapa de localização da área de estudo no contexto brasileiro com detalhe para o estado de Minas Gerais (B) e (C) - Projeção Policônica de Meridiano Central -54°W em imagem Landsat TM 5 (INPE). Limite Municipal: IBGE 2007..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 2: Contorno do cráton do São Francisco e as faixas móveis brasileiras. FRP - Faixa Rio Preto; FRPT - Faixa Riacho do Pontal; FS - Faixa Sergipana. Extraído de Alkmim (1993). **Erro! Indicador não definido.**

Figura 3: Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (extraído de Alkmim & Marshak, 1998). **Erro! Indicador não definido.**

Figura 4: Coluna Estratigráfica do quadrilátero Ferrífero (extraído de Alkmim & Noce, 2006). **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5: Lajedo do ortognaisse granítico São Tiago..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 6: Amostra de mão do gnaiss São Tiago mostrando o contato entre um nível máfico e um nível félsico. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 7: Ortognaisse tonalítico Serra mostrando composição tonalítica representada por quartzo, plagioclásio e biotita..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 8: Matação *in situ* de norito..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 9: Lâmina do norito (OPX + plagioclásio), que ocorre em forma de dique na área de estudo..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 10: Diagrama esquemático mostrando a abundância relativa de BIFs precambrianos em relação a outros intervalos de tempo, tomando como base alguns dos maiores depósitos de formações ferríferas mundiais. Fonte: Klein, 2005 **Erro! Indicador não definido.**

Figura 11: Afloramento da formação ferrífera em corte da estrada que liga a cidade de São Tiago a cidade de Resende Costa. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 12: Amostras de campo da Formação Ferrífera mostrando o bandamento com camadas ricas em quartzo e camadas ricas em magnetita. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13: Bandas milimétricas ricas em quartzo intercaladas com bandas ricas em magnetita.
..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 14: Amostra de rocha manganésífera com cor de alteração preta que ocorre associada aos BIF, onde observa-se a presença de minerais alterados de coloração ocre. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 15: BIF mostrando a alternância de bandas claras e escuras. (A) Nicóis paralelos em luz transmitida. (B) Nicóis cruzados em luz transmitida. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 16: Presença de grãos de magnetita disseminados na banda rica em quartzo Luz refletida nicóis paralelos. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 17 Massa de goethita crescida entre os grãos de magnetita. Luz refletida **Erro! Indicador não definido.**

Figura 18: Núcleo de magnetita circundado por goethita de aspecto fibroso. Imagem de *backscattered* em MEV. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 19: Banda clara mostrando quartzo recristalizado e poligonizado. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 20: Quartzo deformado com extinção ondulante. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 21: Classificação modal de rochas ultramáficas baseada na proporção de olivina (Ol), clinopiroxênio (Cpx) e ortopiroxênio (Opx), segundo Streckeisen, (1973). **Erro! Indicador não definido.**

Figura 22: Lajedo inclinado próximo da escarpa de rocha ultramáfica. ... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 23: Rocha ultramáfica de coloração esverdeada. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 24: Rocha ultramáfica alterada..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 25: Textura da rocha ultramáfica, evidenciada pela presença de cristais de clinopiroxênio de granulação grossa e cristais de granulação média do mesmo e, magnetita (NX, aumento de 2,5X). **Erro! Indicador não definido.**

Figura 26: Iddingsita nas fraturas da olivina. (NX, aumento de 10X). **Erro! Indicador não definido.**

Figura 27: Inclusões de magnetita no clinopiroxênio. (NX, aumento de 2,5X)..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 28: Cristais de magnetita zonados junto com clinopiroxênio. Imagem MEV-EDS.
..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 29: Veio de quartzo com magnetita disseminada. (NX, aumento de 2,5X)..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 30: Magnetita circundando cristais de olivina. (NX, aumento de 5X).. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 31: Borda de reações de tremolita no piroxênio, em contato com o veio de quartzo.
(NX, aumento de 5X). **Erro! Indicador não definido.**

1-INTRODUÇÃO

O presente Trabalho Final de Curso objetiva contribuir na compreensão da evolução dos eventos geológicos da borda meridional do Cráton São Francisco, mais especificamente sobre rochas sedimentares químicas do tipo Formações Ferríferas Bandadas (BIF), e ultramáficas, que ocorrem a leste da cidade de São Tiago, estado de Minas Gerais. Segundo Teixeira *et al.* (2000), o Cinturão Mineiro compreende rochas originadas em arcos magmáticos paleoproterozóicos retrabalhados em dois eventos: o primeiro, relacionado a amalgamação dos terrenos do próprio Cinturão Mineiro; e o segundo ao Evento Brasileiro.

A geologia da borda sul do Cráton São Francisco encontra-se bem representado na região do Quadrilátero Ferrífero (QF), onde o Supergrupo Minas (2,5-2,2 Ga) assenta-se sobre terrenos arqueanos constituídos por domos gnáissico-migmatíticos de composição TTG (tonalito-trondhjemitó-granodiorito) com idades > 2,9 Ga, bem como plutons granitóides neoarqueanos e pelo *Greenstone Belt* Rio das Velhas (2,8-2,7 Ga); vide Machado *et al.* 1992, Noce *et al.* 1998, Noce *et al.* 2005). O Supergrupo Minas e o *Greenstone Belt* Rio das Velhas possuem BIF em sua estratigrafia, neste contexto a presente monografia destinou-se a caracterizar as rochas que afloram a leste da cidade de São Tiago, principalmente as Formações Ferríferas Bandadas e rochas ultramáficas na tentativa de correlacioná-las com as do QF, partindo do mapeamento geológico e estudo petrográfico.

2-OBJETIVOS E COMO ALCANÇA-LOS

Este trabalho tem como objetivo o mapeamento geológico e caracterização petrográfica de rochas aflorantes em uma área a leste da cidade de São Tiago (MG), com ênfase nas rochas metassedimentares químicas (formação ferrífera e manganesífera) e corpos de rochas ultramáficas.

Para alcançar os objetivos foram realizadas as seguintes etapas:

- 1) Mapeamento geológico de uma área de 16 km² próxima a cidade de São Tiago na escala de 1:25.000;
- 2) Estabelecimento em campo das relações temporais entre as rochas das diferentes unidades estudadas;
- 3) Caracterização petrográfica das formações ferríferas e dos corpos ultramáficos na área mapeada.

A partir do estudo pretendeu-se inserir as rochas estudadas no contexto geológico regional, ou seja, em relação à evolução arqueana e do cinturão Mineiro.

3-LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo se localiza na leste da cidade de São Tiago (MG). Contém aproximadamente 16km² e insere em parte da porção oeste da folha topográfica Jacarandira (SF-23-X-A-V-3, IBGE 1975) na escala 1:50.000. Esta é delimitada pelas latitudes 20°55'31''S e 20°52'16''S e pelas longitudes 44°30'00''W e 44°27'42''W (Figura 1).

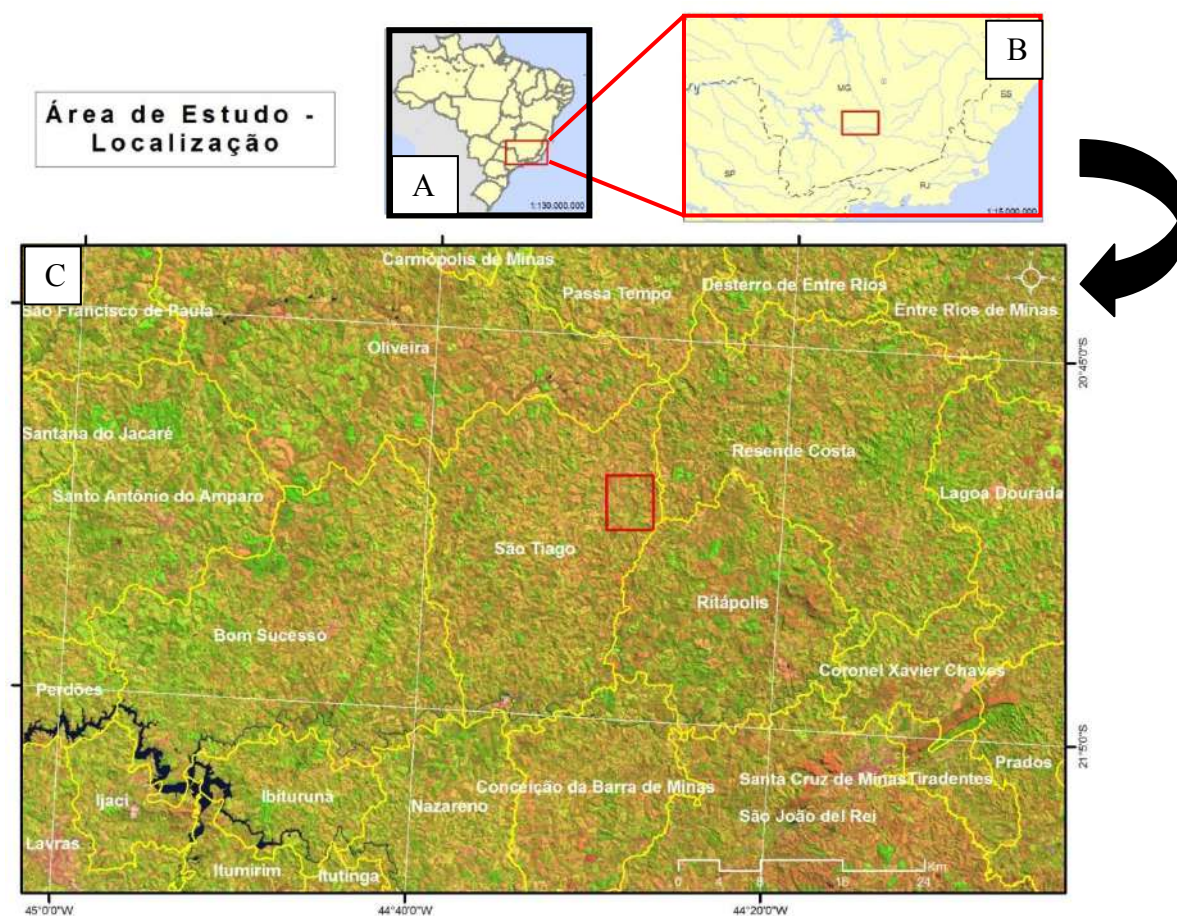


Figura 1: (A) - Mapa de localização da área de estudo no contexto brasileiro com detalhe para o estado de Minas Gerais (B) e (C) - Projeção Policônica de Meridiano Central -54°W em imagem Landsat TM 5 (INPE). Limite Municipal: IBGE 2007.

O acesso à área partindo da cidade do Rio de Janeiro é efetuado através de vias terrestres pela rodovia BR-040, passando por Petrópolis, Juiz de Fora e Barbacena. Após a cidade de Barbacena o acesso se dá pela rodovia BR-265 passando por São João Del Rei, a partir da qual se acessa a rodovia BR-494 até a cidade de São Tiago. A partir de São Tiago podem ser utilizadas estradas não pavimentadas para o acesso à área de estudo.

4-MATERIAIS E MÉTODOS DE TRABALHO

A evolução do trabalho seguem as etapas pré campo, de campo e pós campo, detalhadas a seguir:

4.1-ETAPA PRÉ-CAMPO

Na etapa pré-campo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a temática de estudo (gênese de formações ferríferas e de gonditos e sobre a geologia regional da área). Além disso foi confeccionado uma base topográfica da área a ser mapeada a partir de imagens obtidas no *site* do IBGE e de imagens do *Google Earth*. Para as atividades de campo foi feita uma ampliação da carta 1:50.000 da folha topográfica Jacarandira (IBGE SF-23-X-A-V-3) para 1:25.000. Em seguida foram adicionadas as coordenadas UTM nas bordas deste mapa para facilitar a marcação de pontos e de contatos litológicos na carta.

4.2-ETAPA DE CAMPO

4.2.1-Mapeamento geológico

Foi executado o mapeamento geológico básico (Anexo I – Mapa geológico), com croquis, medidas estruturais (*dip-dip*) e plotagem de pontos na carta topográfica (Anexo II – Mapa de pontos). O trabalho de campo se desenvolveu em uma campanha realizada entre os dias 12 e 27 de fevereiro de 2011, tendo como base a cidade de São João Del Rei. Foram descritos 86 pontos geológico (Anexo III – Listagem dos pontos geológicos). A localização dos pontos no mapa foi feita com o auxílio de um GPS Garmin Etrex, utilizando o *Datum* Córrego Alegre.

4.2.2-Coleta de amostras de rochas

As amostras foram coletadas com a finalidade de serem utilizadas para a confecção de lâminas petrográficas polidas. A amostragem foi realizada levando-se em conta a representatividade e o grau de intemperismo da rocha. Nesta etapa foram coletadas 19 amostras de rocha, das quais oito foram escolhidas para a confecção de lâminas para estudo petrográfico e cinco foram utilizadas para estudos por MEV-EDS (Tabela 1).

Tabela 1: Listagem das amostras coletadas, laminadas (*) e estudadas por MEV-EDS. Legenda: BIF = Formação Ferrífera Bandada.

RB-1A	BIF
RB-2A*	BIF (MEV-EDS)
RB-3A*	BIF (MEV-EDS)
RB-3B	Gondito
RB-4A	BIF
RB-8A*	Gnaiss Serra
RB-12A	Rocha ultramáfica
RB-12B	Rocha ultramáfica
RB-12C	Rocha ultramáfica
RB-12D*	Rocha ultramáfica (MEV-EDS)
RB-13A*	Gnaiss São Tiago
RB-13B	Gnaiss São Tiago
RB-16A*	BIF (MEV-EDS)
RB-17A*	BIF (MEV-EDS)
RB-25A	Norito
RB-25B	Norito
RB-25C	Norito
RB-25D*	Norito
RB-27B	Gondito
RB-59B	Rocha ultramáfica
RB-59D	Rocha ultramáfica

4.3-ETAPA PÓS-CAMPO

4.3.1 Laboratório

As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN), a partir das amostras coletadas na etapa de campo, com a finalidade de se observar a assembléia mineralógica e estruturas presentes nas rochas estudadas.

As observações microscópicas foram feitas em microscópios de luz transmitida e refletida Carl Zeiss® Axioskop 40 no Laboratório de Microscopia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

4.3.2 Trabalho de escritório

Os trabalhos de escritório envolveram a confecção da versão digital do mapa no *software* Arcgis 9.3, a listagem de pontos no *software* Microsoft® Excel 2007 e a elaboração deste relatório final.

5. GEOLOGIA REGIONAL

5.1 CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

O cráton do São Francisco é definido como uma entidade geotectônica, que foi poupada da atuação dos eventos tectônicos do ciclo Brasileiro (Almeida *et al.*, 1977). Estes eventos foram responsáveis pela formação de diversas faixas móveis, destacando a faixa Brasília, Ribeira, Riacho do Pontal e Araçuaí (Figura 2). A porção meridional desse cráton é um segmento crustal siálico de evolução policíclica, tectonicamente estável em relação aos cinturões móveis do ciclo Brasileiro (Alkmim *et al.*, 1993) e apresenta uma significativa exposição de terrenos granito-*greenstone* neoarqueanos com evolução tectônica iniciada no Mesoarqueano (Teixeira *et al.*, 1996, 1998, 2000; Carneiro *et al.*, 1998) e corpos plutônicos paleoproterozoicos associados ao cinturão Mineiro.

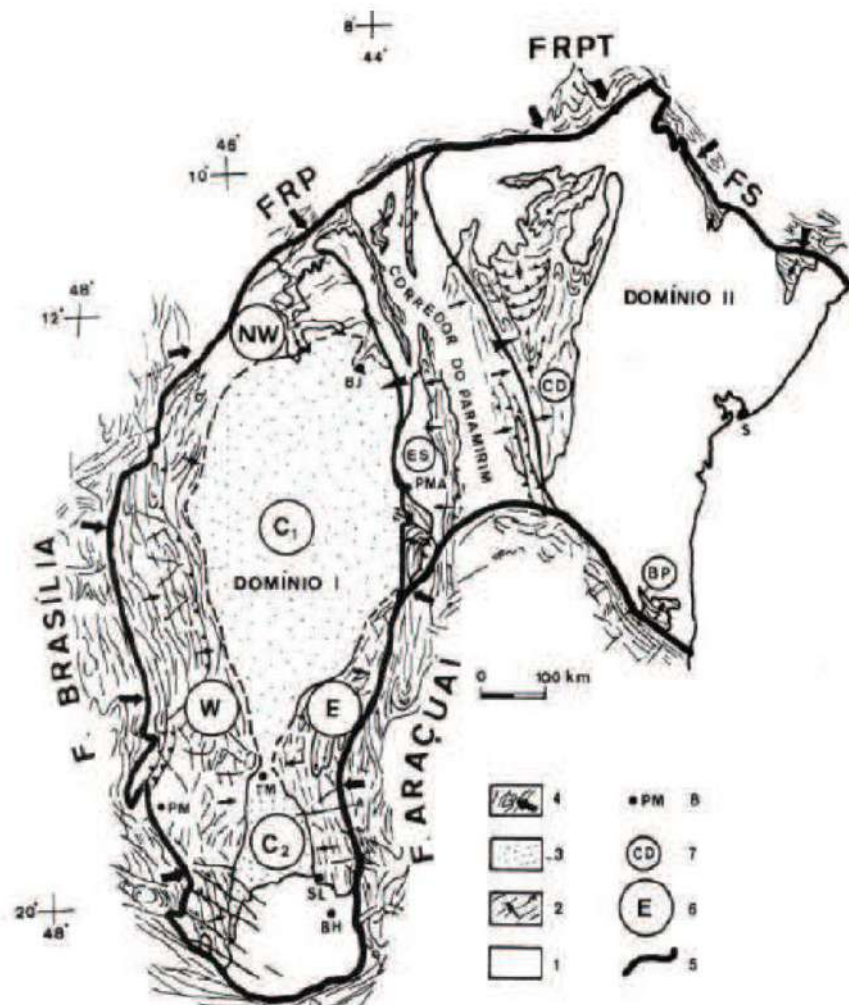


Figura 2: Contorno do cráton do São Francisco e as faixas móveis brasileiras. FRP - Faixa Rio Preto; FRPT - Faixa Riacho do Pontal; FS - Faixa Sergipana. Extraído de Alkmim (1993).

Durante a evolução geológica do cráton do São Francisco no Neoarqueano (evento Jequié), formou-se, dentre outros, o *greenstone belt* Rio das Velhas (tafrogênese seguido de orogênese). Durante a tafrogênese foram formadas rochas máficas de composição toleítica tipo *Mid-Ocean Ridge Basalts* – MORB e, subordinadamente, ultramáficas komatiíticas intercaladas com rochas metassedimentares químico-exalativas em ambiente de fundo oceânico sob regime extensional. Na fase orogênica foram formadas rochas vulcânicas félsicas cálcio-alcálicas associadas com intrusões tonalíticas (Carneiro, 1992).

A crosta continental neoarquena mostra registros de fragmentação a partir de 2,6 Ga, representados por diques máficos e intrusões de corpos graníticos, que são os primeiros registros de uma tectônica extensional sideriana controlada por descontinuidades estruturais mais antigas (Endo & Machado, 1998). O regime extensional que se implantou no Sideriano evoluiu até o desenvolvimento de bacias de margem passiva (Alkimin & Marshak, 1998).

As sequências de margem passiva paleoproterozóicas estão representadas pelo Supergrupo Minas (excluindo-se o Grupo Sabará) e o Grupo Itacolomi (Barbosa, 1965; Dalton de Souza *et al.*, 1979).

A evolução desta margem passiva foi sucedida por um novo episódio orogênico durante o Riachiano, com magmatismo, metamorfismo e deformação, tendo como resultado o Cinturão Mineiro (Teixeira *et al.*, 2000). Após esse evento uma nova tafrogênese (Estateriana) afeta essa região, fragmentando o paleocontinente São Francisco através de riftes ensiálicos (Brito Neves *et al.* 1996). Esses riftes deram espaço para deposição de sedimentos continentais intercalados com lavas ácidas, sobrepostos por depósitos marinhos do Supergrupo Espinhaço (Dardenne & Schobbenhaus *et al.* 2001). Por fim, no Neoproterozóico ocorreu a quebra do Supercontinente Rodínia e a aglutinação e estabilização de Gondwana Ocidental.

5.2-GREENSTONE BELTS

O *greenstone belt* Rio das Velhas é composto por rochas do Supergrupo Rio das Velhas, que é constituído por: Grupo Quebra Ossos (rochas metaultramáficas extrusivas e intrusivas), restrito ao extremo nordeste do Quadrilátero Ferrífero (Schorscher, 1979); Grupo Nova Lima, de maior área aflorante, composto por metabasaltos, filitos carbonosos, BIF, rochas metavulcânicas intermediárias e metassedimentares vulcanoclásticas; e Maquiné (Dorr II *et al.* 1957), que compreende metassedimentos clásticas e rudáceas. O Grupo Nova Lima foi subdividido (Ladeira, 1980; Oliveira *et al.*, 1988; Vieira & Oliveira, 1988) em três

unidades informais: inferior (rochas metabásicas com intercalações de BIF); média (filitos carbonosos ou carbonáticos, metachert e BIF); e superior (metavulcânicas intermediárias). Baltazar *et. al.* (1995) propuseram a divisão do Grupo Nova Lima em cinco unidades, da base para o topo: unidade metabásica (metabasaltos toleíticos maciços ou com *pillows*, intercalados por BIF); unidade metassedimentar química (metapelitos carbonosos ou carbonáticos com intercalações de BIF e metacherts); unidade metavulcânica (rochas metabásicas toleíticas com intercalações de BIF); unidade metavulcânica cálcio-alcálica (mais freqüentes no topo); e unidade metassedimentar clástica.

O Grupo Maquiné foi dividido (O'Rourke, 1957; Gair, 1962) nas Formações Palmital (quartzo sericita xistos, e quartzitos finos) e Casa Forte (metaconglomerados polimíticos, quartzitos micáceos grossos e sericita quartzo xistos).

Datações U-Pb indicam que o magmatismo e o metamorfismo do *greenstone belt* Rio das Velhas ocorreram entre 2,9 Ga e 2,6 Ga (Machado *et al.*, 1992). Um magmatismo intermediário a ácido provavelmente associado às rochas vulcânicas deste *greenstone* data aproximadamente de 2,7 Ga (Teixeira *et al.*, 1994).

5.3-CINTURÃO MINEIRO

O Cinturão Mineiro bordeja a porção sul do Cráton do São Francisco, desde as imediações da cidade de Conselheiro Lafaiete (limite norte) até a cidade de Lavras (limite sul). Segundo Teixeira *et al.* (2008), o domínio arqueano reúne granulitos, charnockitos, enderbitos, anortositos, gabros e gnaisses migmatíticos, além de rochas metaultramáficas e metassedimentares do *greenstone belt* Rio das Velhas e o domínio paleoproterozoico é representado pelos *greenstone belts* Rio das Mortes, Nazareno e Dores de Campos e por diversos corpos plutônicos.

Segundo Noce (2000) a evolução paleoproterozoica do cinturão Mineiro ocorreu em três estágios: o primeiro corresponde a uma margem continental passiva (2,6 a 2,42 Ga); o segundo é caracterizado pelo desenvolvimento de uma margem convergente do tipo andina (2,2 a 2,1 Ga); e o terceiro por uma colisão continental (2,1 a 2,0 Ga). Estes terrenos teriam sido parcialmente retrabalhados durante o evento Brasileiro no final do Proterozoico.

5.4- QUADRILÁTERO FERRÍFERO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) apresenta um conjunto de características fisiográficas, geológicas e geoeconômicas notáveis, apresentando uma geologia muito complexa. A estratigrafia do QF em escala regional consiste em: (i) terrenos granito-gnáissico arqueanos, representados pelos complexos metamórficos; (ii) Supergrupo Rio das Velhas; (iii) Supergrupo Minas; (iv) Grupo Itacolomi; e (v) Supergrupo Espinhaço (Figuras 3 e 4). A subdivisão litoestratigráfica estabelecida por Dorr (1969) para as séries Rio das Velhas, Minas e Itacolomi foi mantida com algumas alterações e adotada no trabalho de Baltazar *et al.* (2005) e neste trabalho, como descrito a seguir:

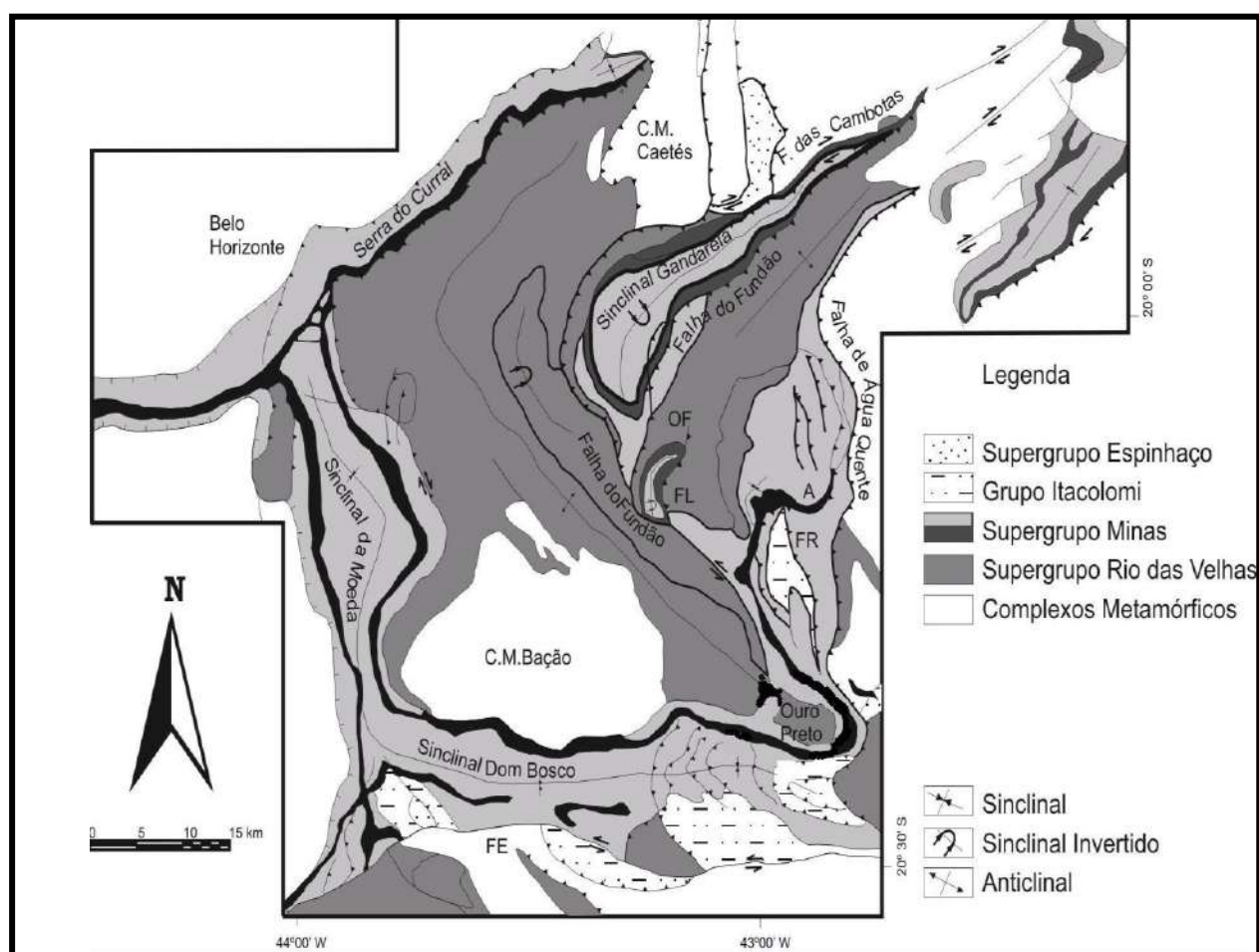


Figura 3: Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (extraído de Alkmim & Marshak, 1998).

5.4.1 - Terrenos granito-gnáissicos arqueanos

Os terrenos granito-gnáissicos são representados por vários complexos de rochas arqueanos, localizados no centro e entorno do Quadrilátero Ferrífero. Estes possuem grande

importância em sua estruturação, com destaque para o Complexo Bação, composto por gnaisses de composição granítica, tonalítica, granodiorítica, além de migmatitos (Carneiro, 1992).

5.4.2 - Sequência metavulcanossedimentar arqueana

Terrenos *greenstone* arqueanos compostos por rochas anfíbolíticas de várias gerações, metaultramáficas, quartzitos, calciossilicáticas, mica xistos, formações ferríferas, vulcânicas félsicas e corpos ígneos, compondo o Supergrupo Rio das Velhas.

5.4.3 - Supergrupo Rio das Velhas

Grupo Quebra Ossos

O Grupo Quebra Ossos é constituído por metakomatiitos, serpentinitos, formações ferríferas, metacherts, turmalinitos e filitos carbonosos.

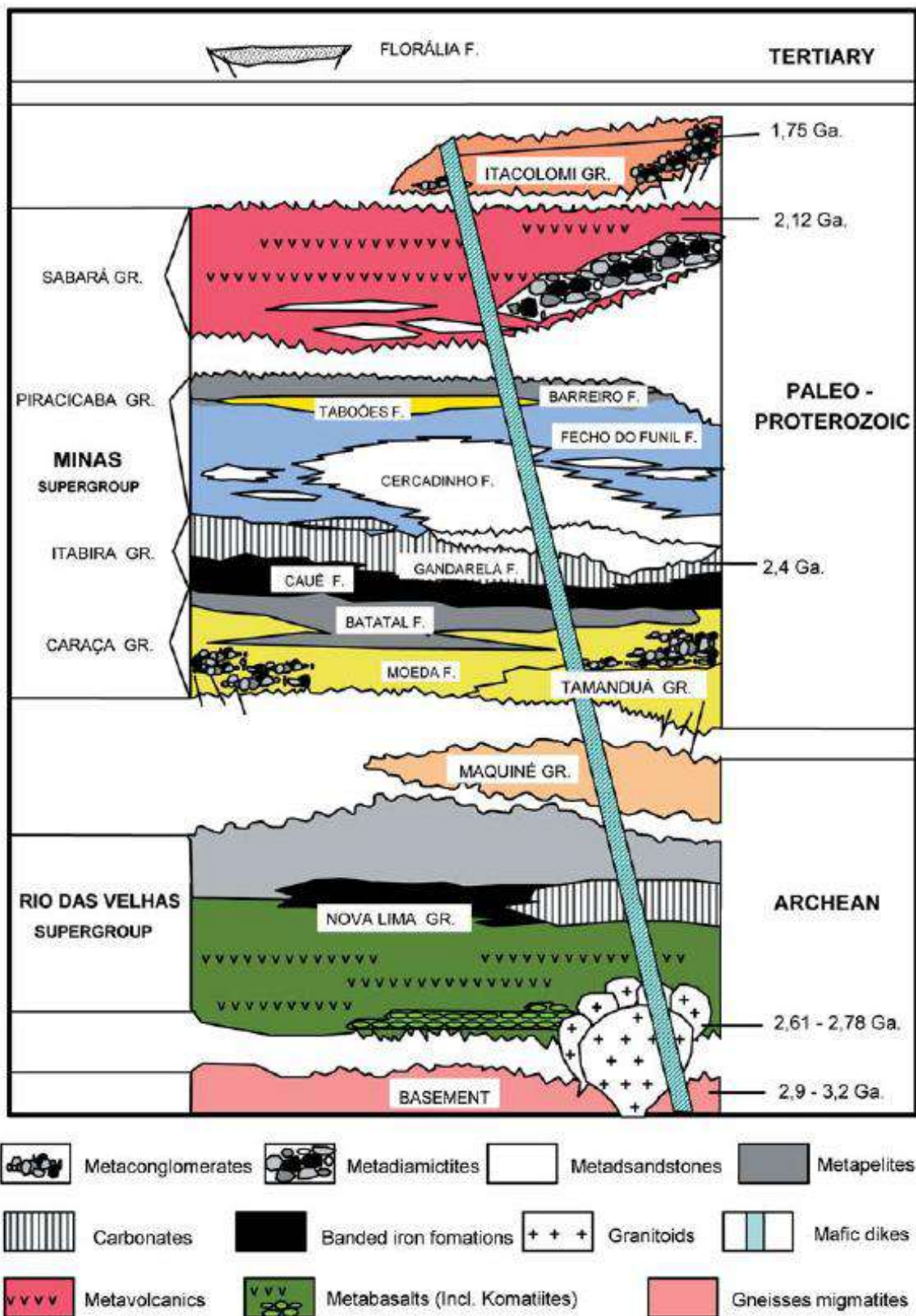


Figura 4: Coluna Estratigráfica do quadrilátero Ferrífero (extraído de Alkmim & Noce, 2006).

Grupo Nova Lima

O Grupo Nova Lima consiste principalmente de lavas basálticas metamorfisadas, metagrauvacas e quartzitos, com intercalações de formações ferríferas bandadas, rochas quartzo-ankeríticas, metaconglomerados e metaargilitos-metassiltitos carbonosos.

Grupo Maquiné

Este grupo possui duas formações: Palmital (O'Rourke, 1957) e Casa Forte (Gair, 1962). A Formação Palmital constitui-se de quartzito, quartzito sericítico e quartzito sericitizado, que representariam protólitos de arenito, grauvaca e argilito. A Formação Casa Forte consiste de quartzito sericítico e metaconglomerado.

5.4.4 – Supergrupo Minas

Essa sequência se destaca no relevo, sendo mais resistente ao intemperismo que as rochas dos terrenos granito-*greenstone* subjacentes. São individualizados os seguintes grupos: Caraça, Itabira, Piracicaba.

Grupo Caraça

Dorr *et al.* (1957) definiram o Grupo Caraça sendo constituído pelo quartzito Caraça e pelo xisto Batatal. Maxwell (1958) passou a referenciar o xisto Batatal como Formação Batatal, composta por filitos sericíticos, carbonosos e localmente sedimentos carbonáticos, com camadas de *chert* na porção superior. Já Wallace (1958) redenominou o quartzito Caraça como Formação Moeda, composta por conglomerados e quartzitos grossos de origem fluvial e quartzitos finos e filitos de origem marinha.

Grupo Itabira

Dorr (1969) subdividiu o Grupo Itabira em duas formações, da base para o topo:

- Formação Cauê: composto principalmente de formações ferrífera e subordinadamente contendo itabiritos dolomíticos com pequenas lentes de filitos e margas, além de horizontes manganésíferos.
- Formação Gandarela: rochas carbonáticas representadas principalmente por dolomitos e subordinadamente por itabiritos, filitos dolomíticos e filitos.

Grupo Piracicaba

Definido por Dorr *et al.* (1957), o Grupo Piracicaba é, atualmente, dividido em quatro formações (da base para o topo):

- Formação Cercadinho: quartzito ferruginoso, filito ferruginoso, filito e quartzito intercaladas por dolomito.
- Formação Fecho do Funil: filito dolomítico, filitos e dolomitos impuros.
- Formação Tabuões: quartzito fino e maciço.
- Formação Barreiro: filito e filito carbonoso.

5.4.5 – Grupo Sabará

O Grupo Sabará era originalmente conhecido como Formação Sabará, topo do Grupo Piracicaba (Dorr, 1969), redefinido como Grupo Sabará por Renger *et al.* (1994). É uma seqüência metavulcanossedimentar representada por mica xisto e clorita xisto com intercalações de metagrauvaca, quartzito, quartzito feldspático, quartzito ferruginoso, formação ferífera e metaconglomerado. Ocorre ao longo da serra do Curral na extremidade leste-sudeste do QF. Seu limite superior é erosional e o inferior sobrepõe-se concordantemente às formações Barreiro, Tabuões e Fecho do Funil.

5.4.6 – Grupo Itacolomi

Dorr (1969) considera a série Itacolomi como constituída de duas fácies, uma quartzítica (tipo-Itacolomi), na qual predomina quartzito com lentes de conglomerado polimítico e de filito. A outra fácies rica em camadas filíticas (tipo-Santo Antônio) consiste de quartzito sericítico com espessas camadas e lentes de conglomerado polimítico e filito.

5.4.7 – Supergrupo Espinhaço

Durante o Mesoproterozóico, um regime extensional gerou um adelgaçamento da litosfera continental, que resultou na instalação de uma ampla bacia, onde se depositou o Supergrupo Espinhaço.

6 - GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

6.1-INTRODUÇÃO

A atividade de campo foi realizada na região a oeste da cidade de São Tiago, resultando na confecção de um mapa geológico de escala 1:25.000 (Anexo I - Mapa geológico), onde foram identificadas seis unidades de mapeamento:

- 1 - Ortognaisse granítico São Tiago
- 2 - Ortognaisse tonalítico Serra
- 3 – Corpos tabulares de norito
- 4 - Sequência metassedimentar detrítica
- 5 - Sequência metassedimentar química (BIF, gondito)
- 6 – Rochas metaultramáficas

Segundo Stohler (2011) os gnaisses da região estudada podem ser subdivididos em dois conjuntos distintos, representados pelo ortognaisse granítico São Tiago e pelo ortognaisse tonalítico Serra. Esses ortognaisses afloram em lajedos isolados ou nas encostas dos morros (Figura 5), bem como em leitos de drenagens e em saprólitos nas voçorocas.



Figura 5: Lajedo do ortognaisse granítico São Tiago

6.2 ORTOGNAISSE GRANÍTICO SÃO TIAGO

O ortogneisse granítico São Tiago é caracterizado por seu bandamento e estrutura gnáissica, podendo ser localmente porfirítico e possuir estrutura migmatítica. Stohler (2011) subdividiu as rochas deste corpo em quatro litótipos diferentes, representados por:

- Litótipo 1: ortogneisse fino a médio, esbranquiçado, foliado, hololeucocrático a leucocrático, bandado (níveis félsicos e máficos) e de composição monzogranítica a granodiorítica, e mais raramente quartzo monzonítica;
- Litótipo 2: ortogneisse fino a médio, acinzentado, foliado, leucocrático a mesocrático, anastomosado, de composição tonalítica e com maior proporção de biotita;
- Litótipo 3: pegmatito grosso, homogêneo, hololeucocrático e composto por feldspato, quartzo e rara moscovita;
- Litótipo 4: granitóide médio, homogêneo, hololeucocrático e de composição monzogranítica, localmente sienogranítica e quartzo monzonítica.

Na área estudada predominam amplamente os litótipos 1 e 3 sobre os demais, sendo que o litótipo 1 possui granulação fina a média, é equigranular e localmente apresenta porfiroclastos de feldspato. Segundo Stohler (2011) o litótipo 1 apresenta textura granolepidoblástica, localmente heterogranular, com índice de cor variando entre 3 e 29 (em média 10) e composição monzogranítica a granodiorítica. Sua mineralogia principal é formada por quartzo, plagioclásio (oligoclásio), microclina e biotita₁, enquanto apatita, zircão, allanita, minerais opacos e mais raramente rutilo e epidoto₁ são minerais acessórios. Sua mineralogia secundária é representada por sericita, epidoto₂, biotita₂, clorita, titanita, e rara calcita e moscovita.

Foi observado nesse ortogneisse a alternância centimétrica a decimétrica de níveis máficos (ricos em biotita) e félsicos (compostos por quartzo e feldspato) (Figura 6).



Figura 6: Amostra de mão do gnaiss São Tiago mostrando o contato entre um nível máfico e um nível fêlsico.

6.3 ORTOGNAISSE TONALÍTICO SERRA

O ortogneisse tonalítico Serra foi descrito por Stohler (2011) e Vidal (2011), é representado por rochas leucocráticas, de granulação média e foliados. As rochas deste corpo podem ser diferenciadas do ortogneisse granítico São Tiago por não apresentarem bandamento gnáissico, bem como pela ausência de estrutura migmatítica.

Sua composição mineralógica é representada por quartzo, plagioclásio e biotita, destacando-se a ausência de feldspato potássico (Figura 7).

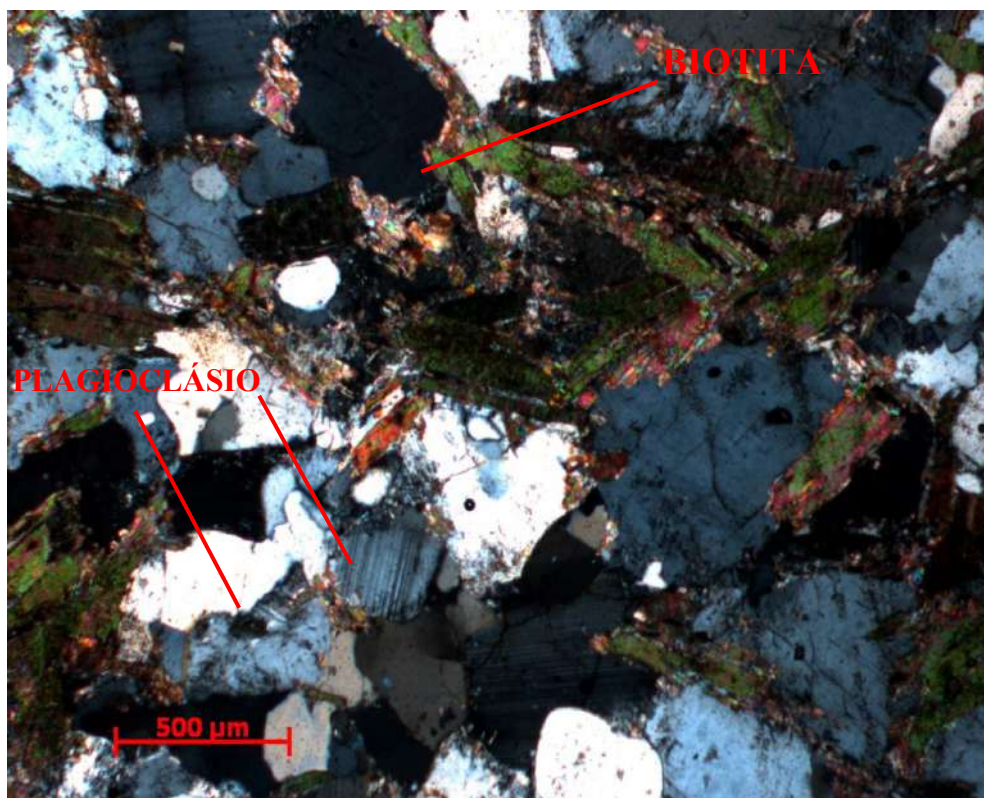


Figura 7: Ortognaisse tonalítico Serra mostrando composição tonalítica representada por quartzo, plagioclásio e biotita.

6.4 - CORPOS TABULARES DE NORITO

Foram observados em quatro pontos rochas noríticas, que ocorrem sob a forma de matacões *in situ* (Figura 8) ou como blocos rolados isolados, onde a foliação nestes é perpendicular a da rocha encontrada ao seu redor, possivelmente sua encaixante. Os matacões apresentam orientação de fluxo magmático marcada pela direção de maior alongamento dos cristais de ortopiroxênio e encontram-se alinhados (*strike* 350-170) sugerindo a forma de um dique. Sua composição mineralógica é representada por ortopiroxênio e plagioclásio (Figura 9), contendo ainda em sua borda anfibólio, possivelmente metamórfico.



Figura 8: Matação *in situ* de norito

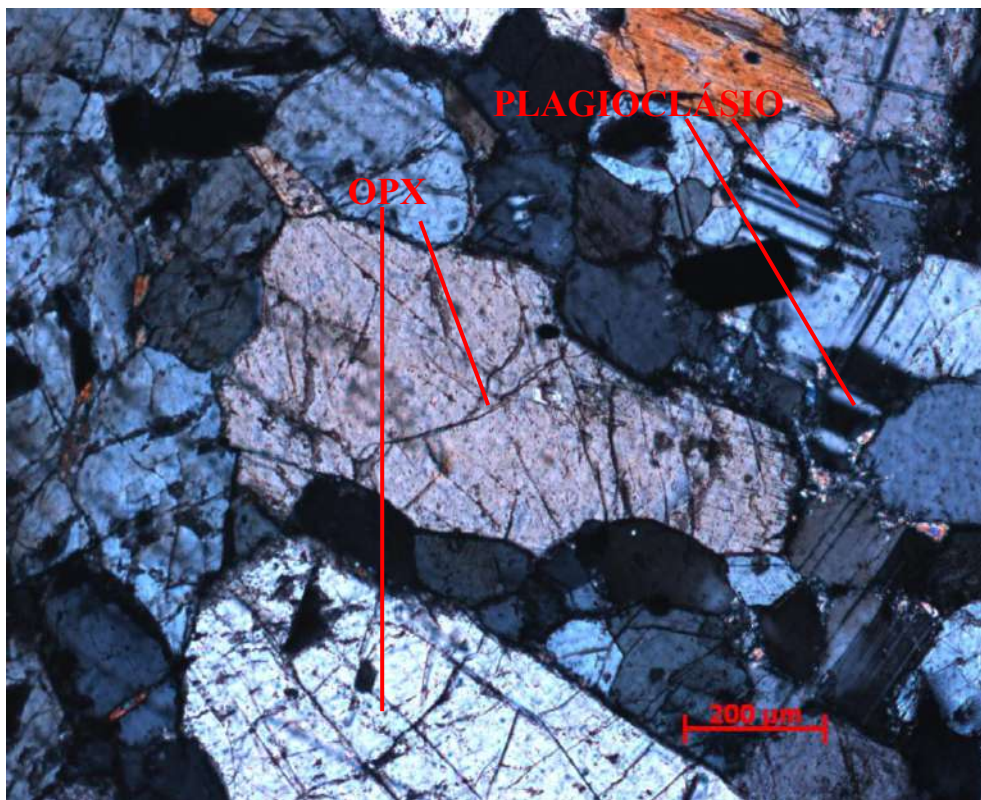


Figura 9: Lâmina do norito (OPX + plagioclásio), que ocorre em forma de dique na área de estudo.

6.5 - SEQUÊNCIA METASSEDIMENTAR CLÁSTICA

Essa sequência aflora somente em uma pequena região da porção noroeste da área estudada e é representada principalmente por quartzitos e, mais raramente, por quartzitos micáceos e quartzo xistos. Os quartzitos são maciços e não foi observado nenhum tipo de estrutura primária, porém em raros pontos foram descritos uma mica verde e minerais opacos. Esta unidade é cortada por um dique de diabásio subvertical com *strike* 45-225.

6.6-FORMAÇÕES FERRÍFERAS

6.6.1 – Classificação, origem do Termo e Problemática

Classificação

Formação ferrífera é uma rocha sedimentar química rica em ferro com ocorrência delimitada a determinados intervalos do tempo geológico, em especial no registro estratigráfico do início do Pré-Cambriano.

Origem do termo

A denominação teve origem nas descrições de depósitos da região do Lago Superior (Canadá) como uma rocha enriquecida de ferro (*iron-bearing rock*) segundo Van Hise & Leith (1911). James (1954) definiu as formações ferríferas como “um sedimento químico, finamente laminado, com 15% ou mais de ferro de origem sedimentar, podendo apresentar, comumente, mas não necessariamente, camadas de chert”. A maioria das formações ferríferas contém cerca de 30% em peso de ferro (Davy, 1983), normalmente na forma de óxidos, além de sílica.

Problemática

Em termos gerais, existem inúmeras propostas de sistemas de classificações para as formações ferríferas, porém nenhuma delas provou ser completamente satisfatória (Trendall & Blockley, 2004).

James (1954) distinguiu quatro “fácies” (óxido, silicato, carbonato e sulfeto) para as formações ferríferas na região do Lago Superior, sugerindo que variações na mineralogia seriam função do aumento da profundidade e mudanças de condições de Eh e pH. Porém, esta

relação conceitual não foi demonstrada nem na região tipo, nem em outras localidades, mas a classificação continua sendo empregada para designar os correspondentes mineralógicos com suas respectivas composições químicas. Quanto ao ambiente de formação ainda há muita especulação (Trendall & Blockley, 2004), principalmente por não se conhecerem processos atuais de deposição deste tipo de rocha.

Gross (1980) reconheceu dois tipos de formações ferríferas silicáticas (tipo Lago Superior e tipo Algoma), baseando-se nas características das bacias deposicionais e nos tipos de rochas associadas. Porém Trendall & Blockley (2004) argumentaram que esta classificação não seria válida, já que os termos “tipo Algoma” e “tipo Lago Superior”, não apresentam um significado claro em relação a sua definição.

Trendall (2002) sugeriu que a divisão mais significativa das formações ferríferas seria em: Formações Ferríferas Bandadas (BIF), que inclui a maioria das ocorrências; e em Formações Ferríferas Granulares (*Granular Iron-Formation* - GIF), que ocorrem caracteristicamente no Cinturão Ungava da América do Norte.

No que diz a respeito as BIF, estas são classificadas da seguinte forma, segundo Klein, (2005):

- (i) Algoma, em geral de idade arqueana, decorrente de atividade vulcânica-exalativa em ambiente marinho profundo. Associam-se a grauvas turbidíticas, folhelhos carbonosos e rochas vulcânicas;
- (ii) Superior ou Lago Superior, formando depósitos de grande extensão lateral, de idade Paleoproterozóica, em bacias intracratônicas ou em ambiente de plataforma continental (margens continentais passivas), com envolvimento de processos de transgressão e regressão marinha. Associam-se a rochas sedimentares e não apresentam vinculação direta com atividade vulcânica;
- (iii) Rapitan, de idade Neoproterozóica, relacionada a fenômenos de glaciação e, portanto, associadas a sedimentos glaciogênicos tais como tilitos e *dropstones*.

Exemplos mundiais e idades de ocorrência de diversos tipos de Formações Ferríferas são mostrados na figura 10.

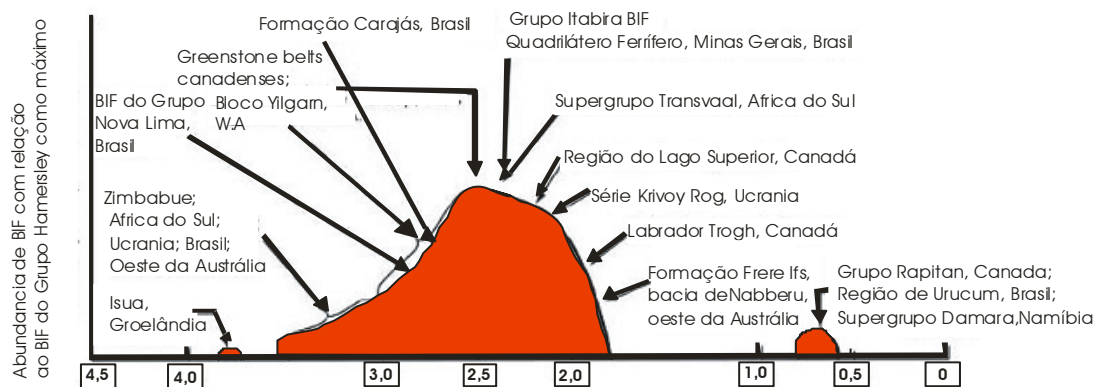


Figura 10: Diagrama esquemático mostrando a abundância relativa de BIFs precambrianos em relação a outros intervalos de tempo, tomando como base alguns dos maiores depósitos de formações ferríferas mundiais. Fonte: Klein, 2005

6.6.2 – Origem e evolução

A inexistência de ambientes modernos de deposição de formações ferríferas dificulta a formulação de modelos genéticos, de tal forma que não há consenso sobre os mecanismos de precipitação, gênese do bandamento, influência de processos biológicos assim como a proveniência do ferro (Piacentini *et al.*, 2007).

Atualmente, as águas oceânicas contém menos de uma parte por bilhão de Fe, em virtude de o ferro ser relativamente insolúvel na sua forma oxidada (Fe^{3+}). A maior parte das formações ferríferas são mais antigas que 1,8 Ga e admite-se que estas foram formadas segundo o modelo criado por Cloud (1973), num período que a atmosfera tinha pouco oxigênio livre e as águas marinhas continham abundância de (Fe^{2+}). Este ferro se precipitaria em regiões de correntes ascendentes ao entrar em contato com águas superficiais oxidantes (Simonson, 1985; Islev, 1995). Segundo Cloud (1973) a proliferação de organismos fotossintetizantes seria o responsável pelo aumento do teor de oxigênio dos oceanos e, consequentemente, pela deposição de ferro na sua forma oxidada (Fe^{3+}).

6.6.3 – Aspectos de campo

A formação ferrífera bandada (BIF) mapeada na área de estudo é encontrada principalmente em cortes de estradas vicinais (Figura 11) e próximo a encostas de morros. Além disso, blocos são comuns em beiras de estradas, principalmente no leito das mesmas, estando estes muito alterados. Nos afloramentos as medidas de So predominantes são 240/50

e 110/70 com pouca variação do caimento. Veios de pegmatito ricos em quartzo foram observados junto a Formação Ferrífera com So 220/80 no ponto RB-01.

A formação ferrífera bandada (BIF) é composta pela alternância de bandas ricas em quartzo e bandas ricas em magnetita (Figuras 12 e 13), sua granulação varia de fina a média, destacando-se a presença de grãos de quartzo recristalizados e de magnetita octaédrica. Segundo Stohler (2011) ainda foram encontrados hematita, granada e epidoto junto as bandas ricas em magnetita.

Os BIF ocorrem comumente associados com gondito, sendo muito difícil individualizá-los na escala de mapeamento utilizada. Foi encontrado junto ao BIF, uma rocha sedimentar química de coloração escura, com alguns pontos de um mineral alterado de coloração ocre (Figura 14). Devido ao grau de alteração não foi possível fazer lâminas polidas desta rocha, porém foram identificados óxidos de composição manganesífera, que efervesciam com H_2O_2 .

Teixeira *et al.* (2011) obtiveram idades de deposição máxima de cerca de 2,4 Ga para as BIF da serra Bandeira, correlacionando-a temporalmente ao supergrupo Minas.



Figura 11: Afloramento da formação ferrífera em corte da estrada que liga a cidade de São Tiago a cidade de Resende Costa.

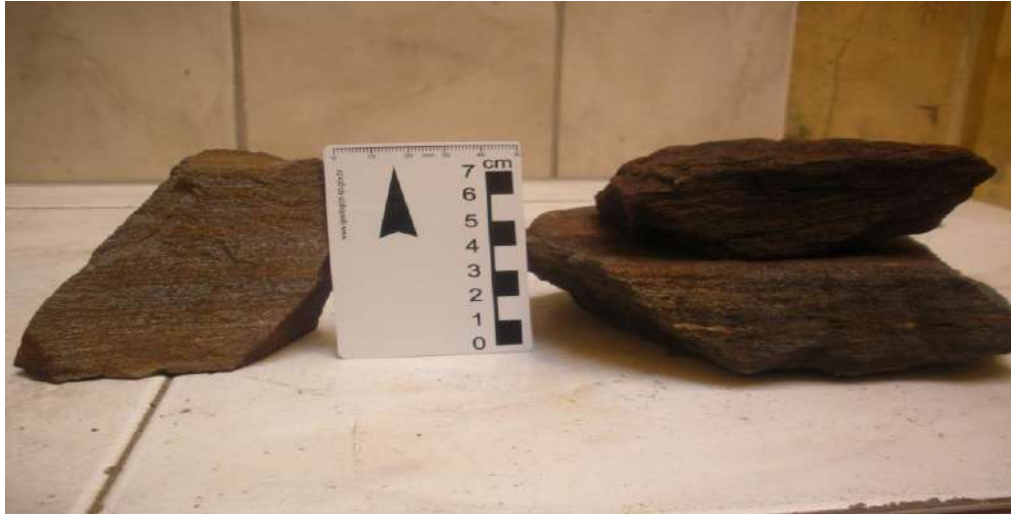


Figura 12: Amostras de campo da Formação Ferrífera mostrando o bandamento com camadas ricas em quartzo e camadas ricas em magnetita.



Figura 13: Bandas milimétricas ricas em quartzo intercaladas com bandas ricas em magnetita.



Figura 14: Amostra de rocha manganésífera com cor de alteração preta que ocorre associada aos BIF, onde observa-se a presença de minerais alterados de coloração ocre.

6.6.4-Petrografia

Ao microscópio petrográfico caracterizou a formação ferrífera bandada (BIF) pela alternância entre bandas escuras (níveis ricos em magnetita) e claras (níveis ricos em quartzo) (Figura 15). Estas bandas apresentam forma predominantemente contínua e, mais raramente, descontínua, com limites definidos por contatos bruscos e gradacionais, este último marcado pela presença de magnetita disseminada nas bandas ricas em quartzo (Figura 16). Nos interstícios de ambos minerais foi observada a ocorrência de goethita (Figura 17), que é produto da alteração intempérica da magnetita (Figura 18).

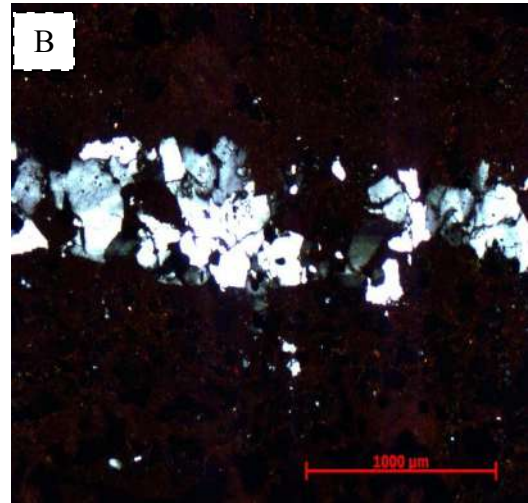
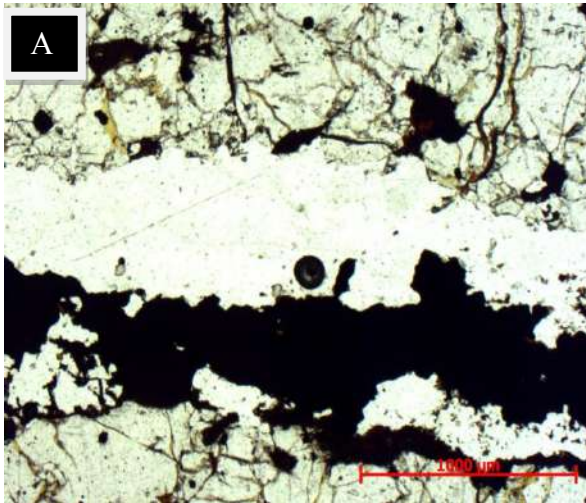


Figura 15: BIF mostrando a alternância de bandas claras e escuras. (A) Nicóis paralelos em luz transmitida. (B) Nicóis cruzados em luz transmitida.

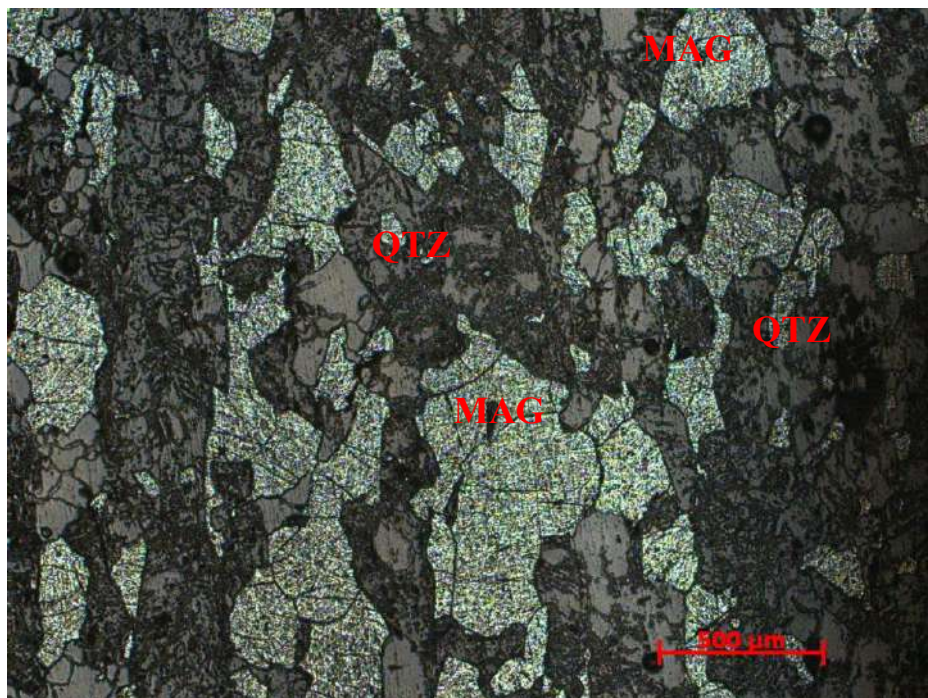


Figura 16: Presença de grãos de magnetita disseminados na banda rica em quartzo Luz refletida nicóis paralelos.

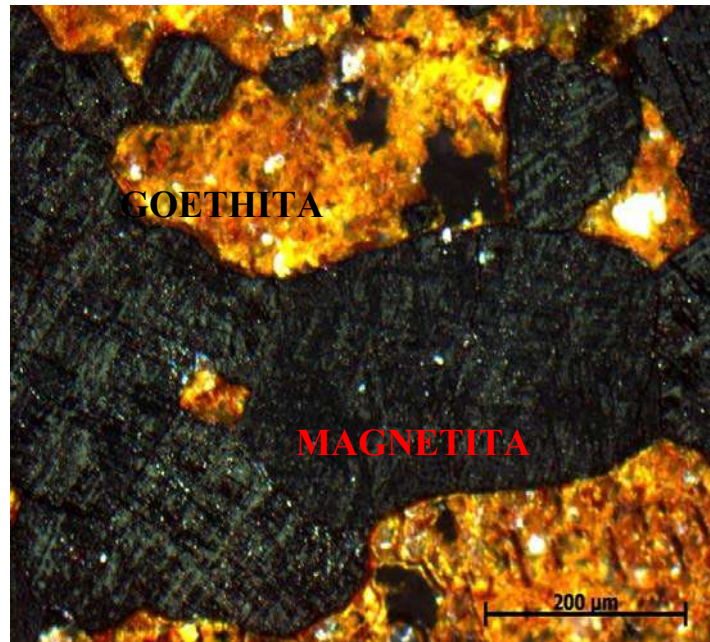


Figura 17 Massa de goethita crescida entre os grãos de magnetita. Luz refletida

Os cristais de magnetita são inequigranulares, variam de anédricos a subédricos, formam textura em mosaico de grãos com contatos polygonizados e sinuosos em relação aos cristais de quartzo (Figura 19).

A textura nas bandas de quartzo varia de equigranular e inequigranular, onde a textura equigranular apresenta grãos de quartzo recristalizados com contatos polygonizados e a magnetita (de granulometria muito fina) ocorre disseminada entre os grãos. A textura inequigranular apresenta cristais de granulometria muito fina a fina, deformados e com extinção ondulante (Figura 20).

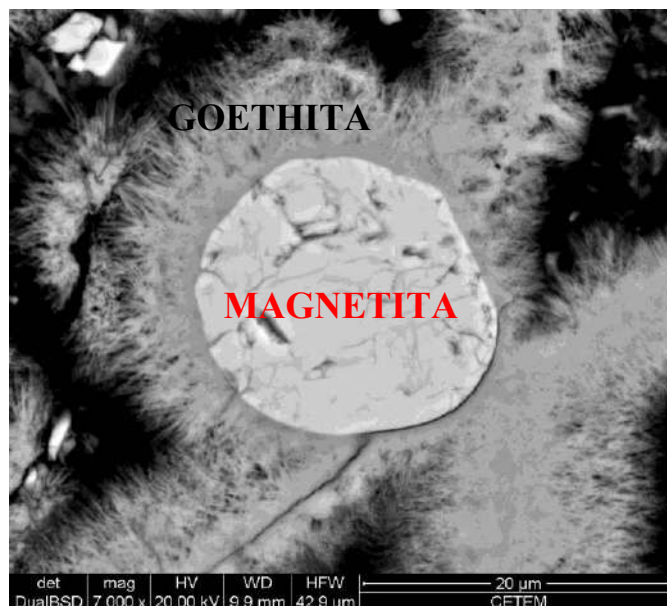


Figura 18: Núcleo de magnetita circundado por goethita de aspecto fibroso. Imagem de backscattered em MEV.

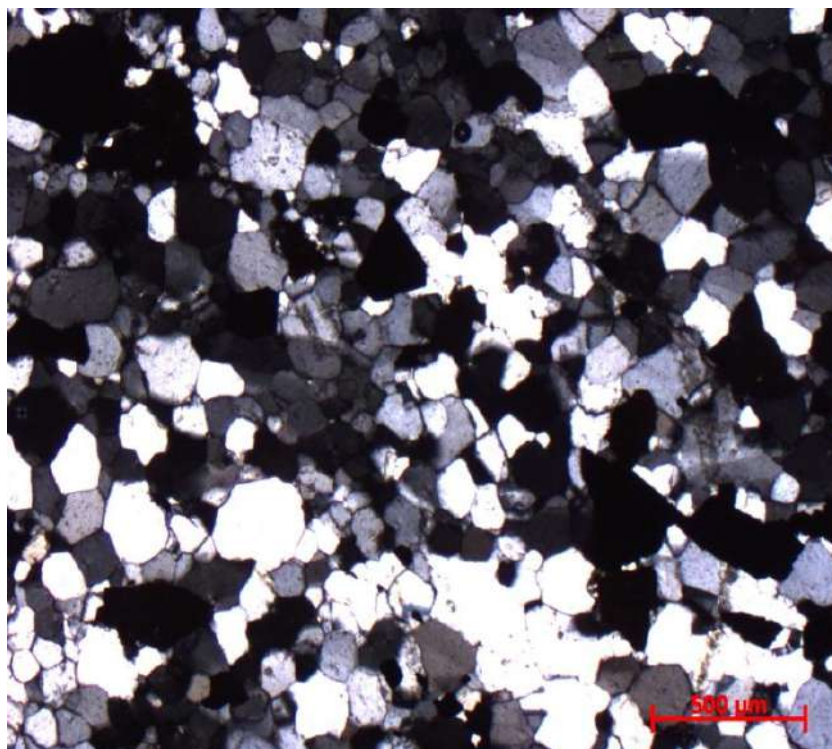


Figura 19: Banda clara mostrando quartzo recristalizado e poligonizado.NX

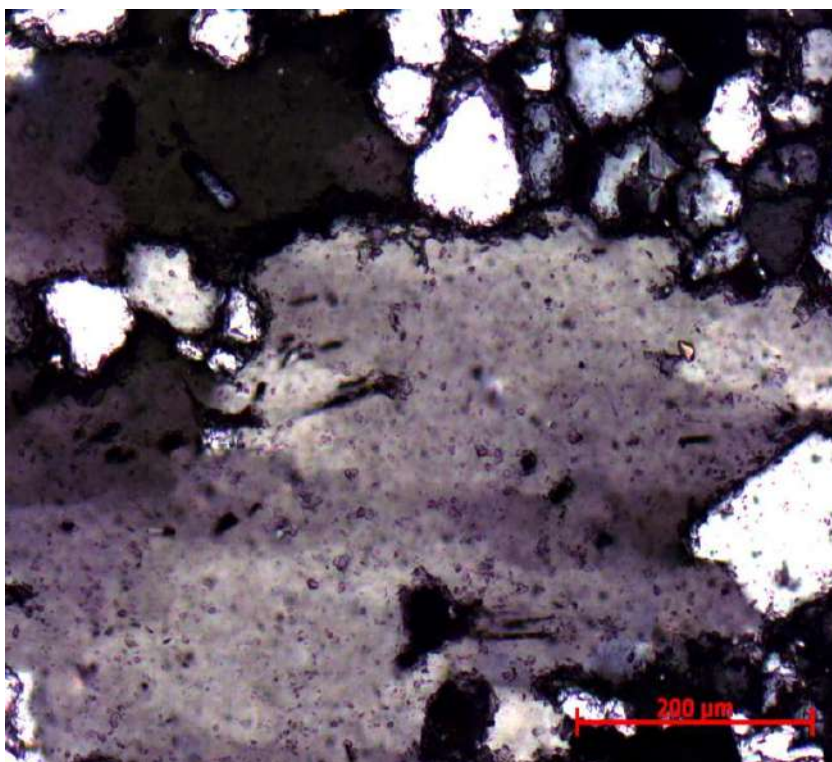


Figura 20: Quartzo deformado com extinção ondulante.NX

6.7- ROCHA ULTRAMÁFICA

6.7.1-Nomenclatura

As rochas ultramáficas podem apresentar uma mineralogia bastante variável, sendo as mesmas classificadas em função dos seus minerais máficos, dentre os quais olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio e hornblenda (Figuras 21 e 22).

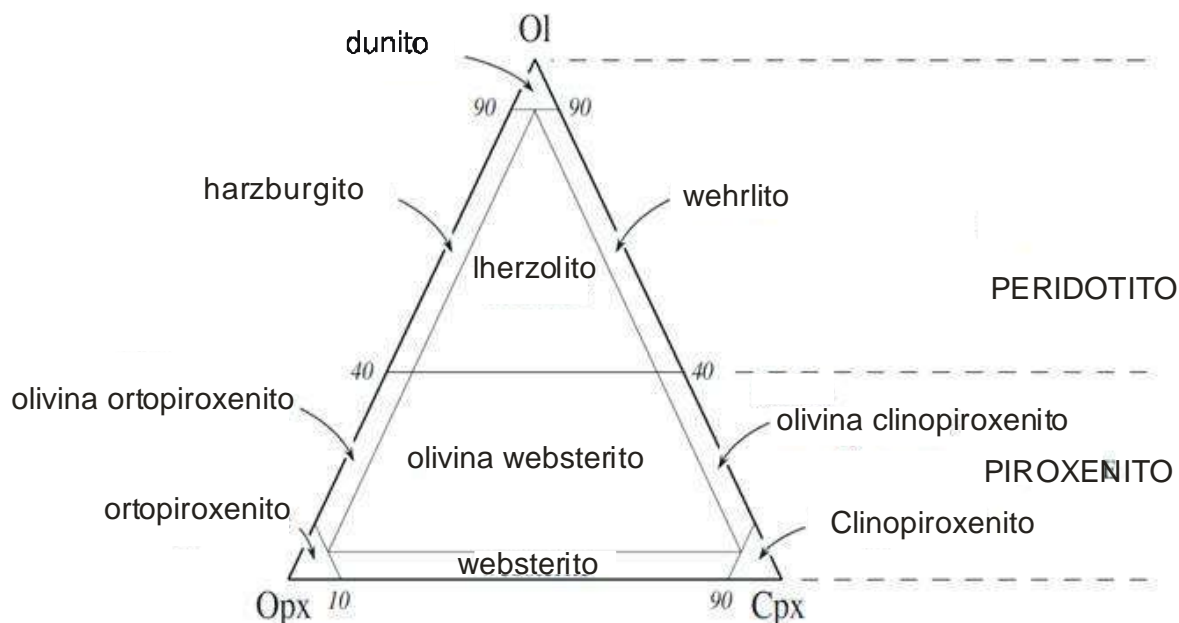


Figura 21: Classificação modal de rochas ultramáficas baseada na proporção de olivina (Ol), clinopiroxênio (Cpx) e ortopiroxênio (Opx), segundo Streckeisen, (1973).

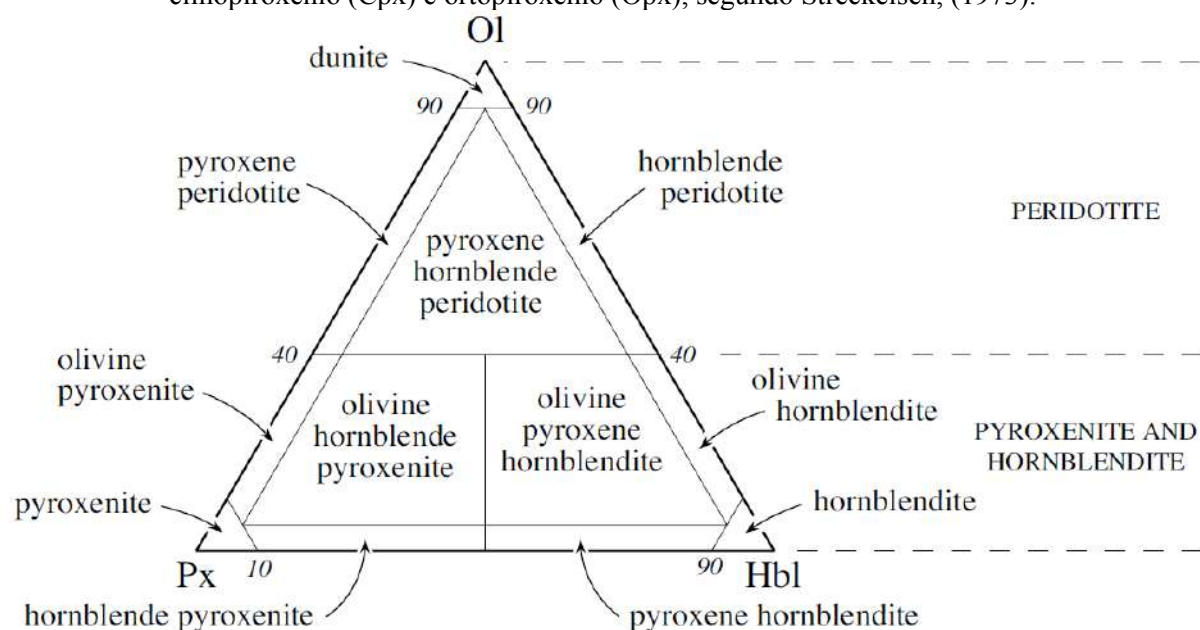


Figura 22: Classificação segundo Streckeisen (1976) das rochas ultramáficas baseada na proporção de olivina (Ol), piroxênio (Px) e hornblenda (Hb).

6.7.2 – Aspectos de campo

Rochas ultramáficas foram encontradas na área estudada em somente dois afloramentos, onde ambos são lajedos, sendo um próximo a uma escarpa (Figura 23) e outro no meio do morro com declive suave.



Figura 23: Lajedo inclinado da rocha ultramáfica próximo a uma escarpa.

A rocha ultramáfica possui coloração variando de esverdeada a caramelada (Figura 24), devido à presença de uma grande quantidade de um mineral nessa tonalidade, que quando se altera intempericamente fica com coloração ocre (Figura 25). Os cristais desse mineral possuem tamanho de até 1 cm, com orientação incipiente do seu eixo maior (Figura 26). O mineral verde não foi identificado em campo, devido ao seu grau de alteração, e suas arestas não apresentarem ângulos bem definidos. Porém, foi observado uma grande quantidade de magnetita, nas bordas dos afloramentos com cristais centimétricos e euédricos. A atitude das camadas de rochas ultramáficas em dip-dip corresponde ao dos BIFs, (090/60) e estratigraficamente se encontra intercalada aos mesmos.



Figura 24: Rocha ultramáfica de coloração esverdeada a caramelada.



Figura 25: Rocha ultramáfica alterada onde parte da mesma apresenta coloração ocre.

6.7.3 – Petrografia

Em lâmina delgada as rochas ultramáficas são hipermelanocráticas, holocristalinas, possuem granulação grossa, com cristais de tamanho médio de 5mm e são compostas de olivina, clinopiroxênio (Figura 26) e magnetita (Figura 27). Foram, ainda, identificados iddingsita (argilomineral) preenchendo fraturas na olivina (Figura 28) e um anfibólio fibroso. Estas rochas apresentam textura poiquilítica (Figura 26) e inequigranular seriada, variam de isotrópicas a foliadas, evidenciada pela orientação preferencial do eixo maior dos cristais de piroxênio, e são cortadas por inúmeros veios de quartzo. Com base na composição mineralógica e modal (Tabela 1), uma amostra foi classificada como wehrlito (Figura 29) no diagrama olivina - clinopiroxênio - ortopiroxênio de Streckeisen (1976).

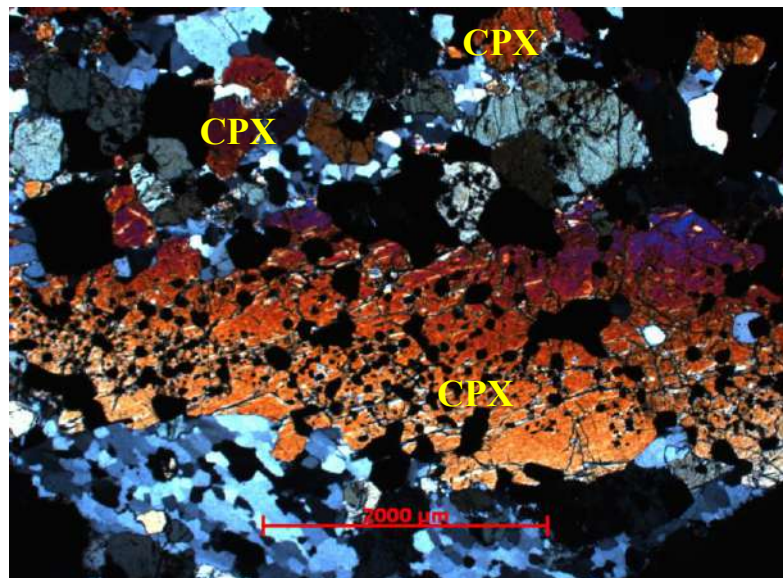


Figura 26: Grão de clinopiroxênio poiquilítico envolvendo minerais opacos

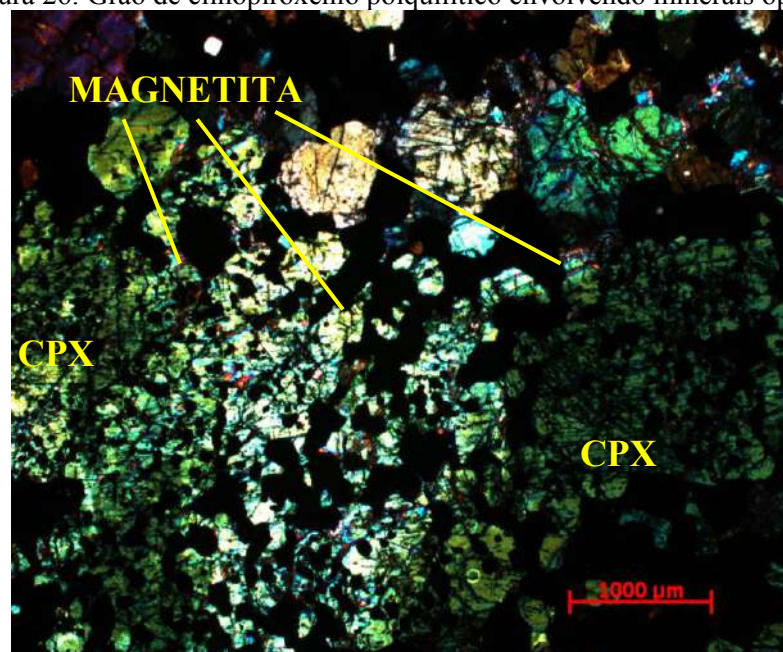


Figura 27: Grãos de magnetita inclusos no clinopiroxênio.

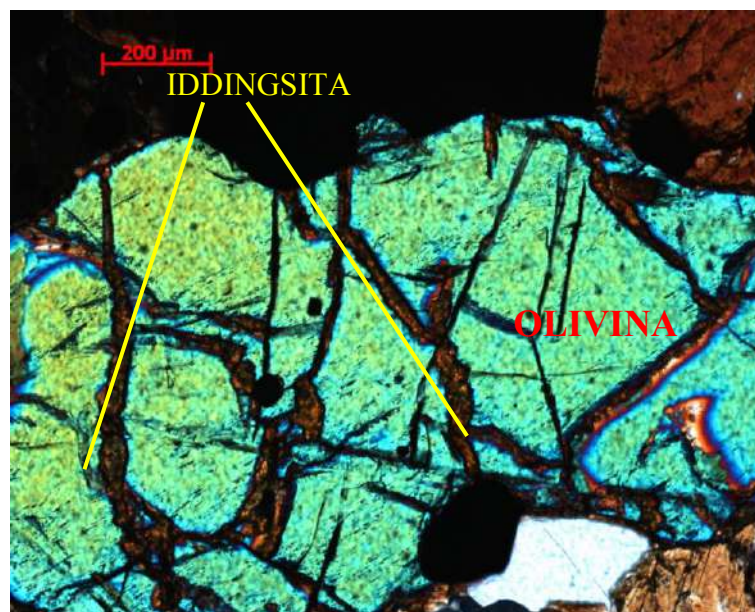


Figura 28: Iddingsita formada nas fraturas dos grãos de olivina.

Tabela 2: Composição modal obtida para a amostra da rocha ultramáfica.

Mineral	Percentagem
Olivina	27%
Clinopiroxênio	38%
Magnetita	26%
Anfibólio fibroso	3%
Iddgisita	6%

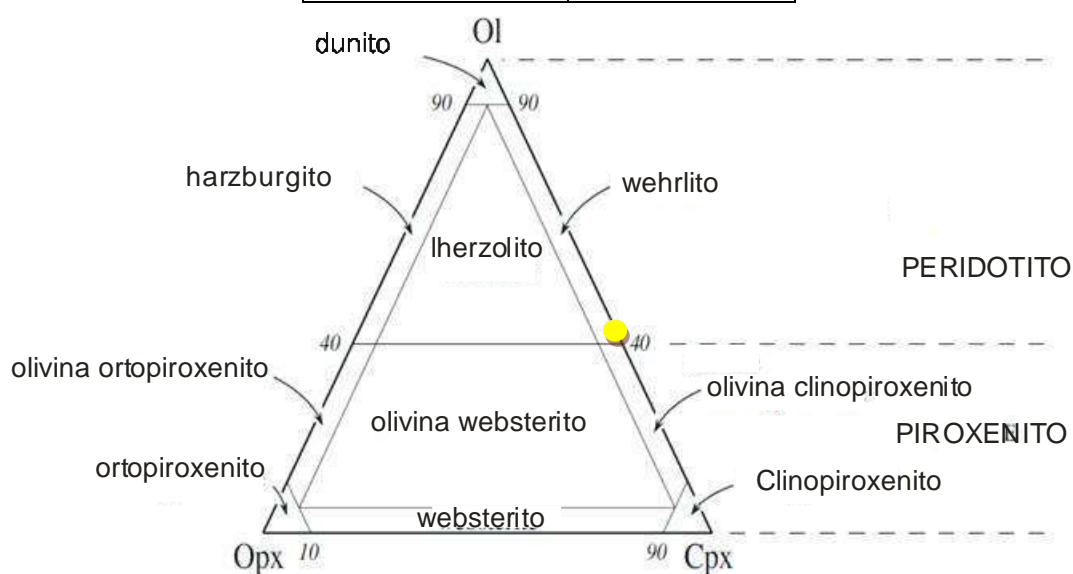


Figura 29: Classificação modal de rochas ultramáficas baseada na proporção de olivina (Ol), clinopiroxênio (Cpx) e ortopiroxênio (Opx), segundo Streckeisen, (1973). Representado pelo ponto amarelo a composição modal da rocha ultramáfica no diagrama.

A olivina ocorre em cristais anédricos, possui hábito granular, varia de 0,5 a 1,5mm e ocorre tanto em grãos isolados, quanto em agregados. Seus contatos com clinopiroxênio e magnetita são irregulares, apresenta inclusões de magnetita com cerca de 0,05mm e suas fraturas são preenchidas por iddingsita (Figura 28).

O clinopiroxênio ocorre em grãos com dois tamanhos e formas distintas (Figura 26). Os cristais maiores são subédricos, com cerca de 1 cm, possuem hábito prismático alongado e apresentam inclusões euédricas de magnetita (Figura 26) Os cristais menores variam de 1 a 4mm, são anédricos e mais raramente subédricos e possuem hábito prismático alongado. Os contatos entre o clinopiroxênio e a magnetita são retilíneos, enquanto os contatos com os grãos de olivina são irregulares. Junto a veios de quartzo foi observado borda de reações para tremolita (Figura 30).

Os cristais de magnetita variam de euédricos a anédricos (Figura 31), com tamanho desde 0,05mm (grãos inclusos na olivina e clinopiroxênio – Figuras 26 e 27) até 1 cm, são zonados, podem estar recristalizados, ocorrem nos veios de quartzo (Figura 32) e circundando cristais de olivina (Figura 33).

Quanto à mineralogia secundária, destaca-se a presença de iddingsita, que apresenta coloração marrom – avermelhada e ocorre sob forma de argilomineral preenchendo as fraturas dos grãos de olivina (Figura 28).

Os grãos de anfíbólio observados nas rochas ultramáficas apresentam hábito fibroso e tamanho de cerca de 0,4 mm. Estes são encontrados nas bordas de grãos de clinopiroxênio em contato com os veios de quartzo (Figura 30).

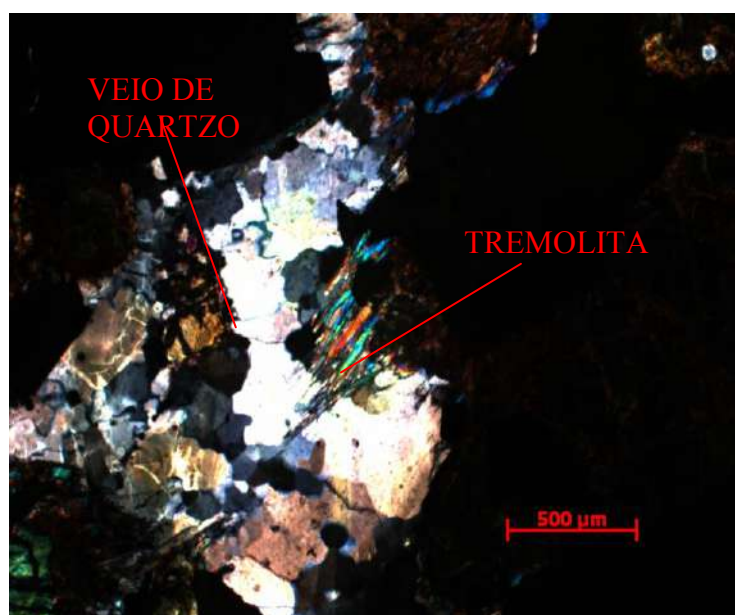


Figura 30: Crescimento de um anfíbólio fibroso na borda de um clinopiroxênio e em contato com o veio de quartzo.

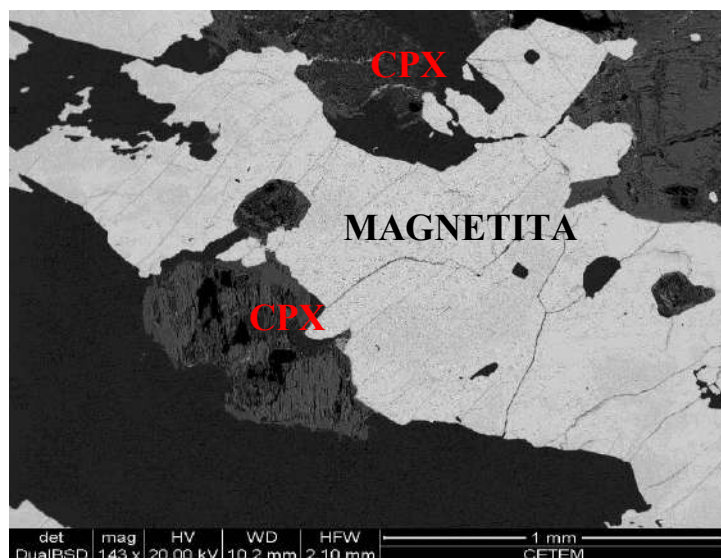


Figura 31: Imagem de MEV-EDS mostrando um agregado de magnetita em contato com grãos de clinopiroxênio.

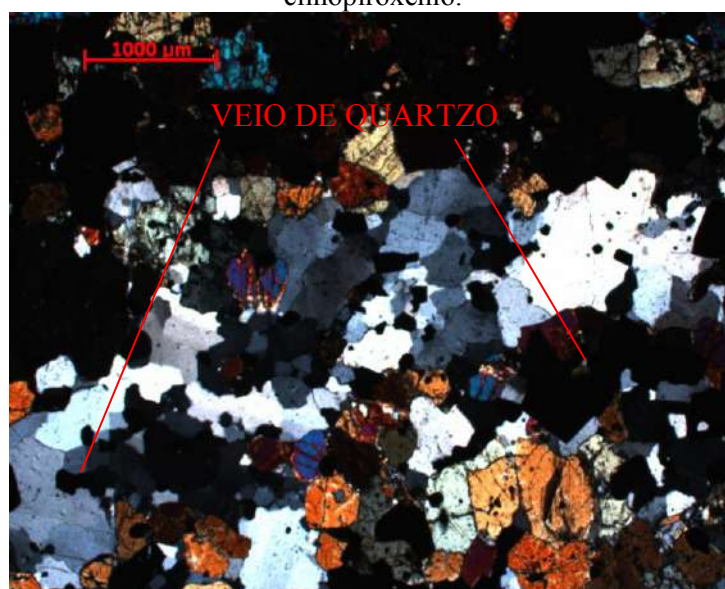


Figura 32: Veio de quartzo com magnetita disseminada.

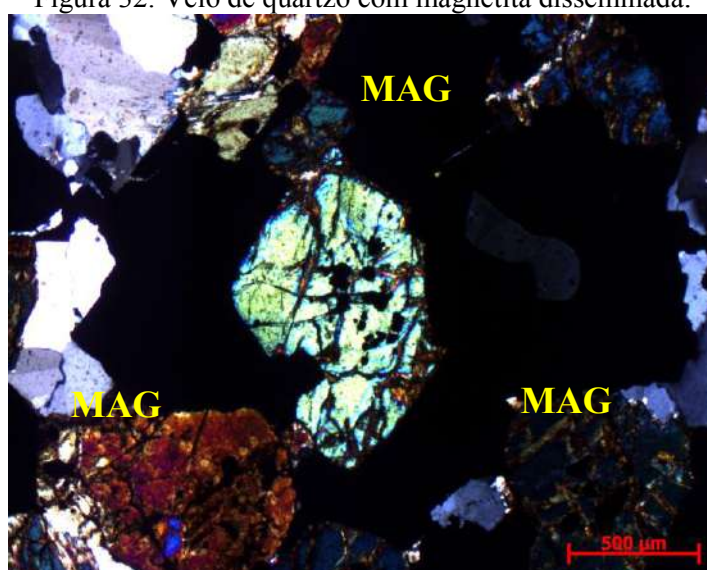


Figura 33: Magnetita circundando cristais de olivina.

Com base nas relações entre os minerais acima descritos foi caracterizada a seguinte ordem de cristalização e as transformações secundárias para as rochas ultramáficas (Tabela 3).

Tabela 3: Ordem de cristalização da rocha ultramáfica observada na lâmina descrita.

Mineral	Cristalização magmática	Alteração secundária
Magnetita (1)	-----	
Olivina	-----	
Clinopiroxênio	-----	
Magnetita (2)	-----	
Anfibólio fibroso		---
Iddgsita		-----

7-DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A partir dos trabalhos de campo, análises petrográficas e levantamentos bibliográficos realizados no presente estudo, observa-se que a geologia da região leste da cidade de São Tiago é formada por Formações Ferríferas intercaladas com rochas ultramáficas e quartzitos, que por sua vez se depositaram sobre gnaisses graníticos e tonalíticos.

Sendo assim foi feita uma comparação com as Formações Ferríferas encontradas na região e a tentativa de correlacionar com as rochas sedimentares químicas do presente trabalho. As ocorrências de BIF mais expressivas regionalmente são as do Quadrilátero Ferrífero, onde ocorrem associadas aos Supergrupos Rio das Velhas e Minas.

A estratigrafia do Supergrupo Rio das Velhas, dos Grupos: (i) Quebra Osso e (ii) Nova Lima são: (i) indiviso e composto por metakomatiito, serpentinito, metachert, turmalinito e filito carbonoso além de BIF (Schorsch, 1979). (ii) é dividido em três unidades informais (Ladeira, 1980; Oliveira *et al.*, 1988; Vieira & Oliveira, 1988), inferior (rochas metabásicas com intercalações de BIF de fácies carbonato); média (filitos carbonosos ou carbonáticos, metachert e BIFs fácies óxido) e superior (metavulcânicas intermediárias), as rochas vulcânicas desse Supergrupo foram datadas aproximadamente em 2,7 Ga (Teixeira *et al.*, 1994) idade muito superior a esperada da área.

O Supergrupo Minas Grupo Itabira descrito e dividido por Dorr (1969) Formação Cauê, ocorre a presença de BIFs de fácies óxido porém o mineral que contém ferro é a hematita e itabirito dolomítico, A formação Cauê encontra-se estratigraficamente acima do Grupo Caraça que é constituído pelas Formações Moeda composta por quartzito e conglomerado e Batatal representado por filitos grafitosos e BIFs, e estratigraficamente abaixo da Formação Gandarela rochas carbonáticas representadas principalmente por dolomitos e subordinadamente por itabiritos, filitos dolomíticos e filitos representando um ambiente plataformar estável Dorr (1969).

Os ortognaisses graníticos e tonalíticos encontrados próximos da cidade de São Tiago correspondem mineralogicamente e geocronologicamente aos terrenos granito-gnáissicos arqueanos, localizados no centro do Quadrilátero Ferrífero (QF), como o Complexo Bação, composto por gnaisses de composição granítica, granodiorítica, tonalítica e migmatítica de idade 2,9-2,7 Ga (Carneiro, 1992).

As Formações Ferríferas (FF) encontradas na área de estudo apresentam bandamento milimétrico, com a alternância de bandas de quartzo com de magnetita, de granulometria fina à muito fina com goethita preenchendo os poros, com intercalações de rochas ultramáficas. Essa FF é

do tipo bandado ou BIF segundo a proposta de Trendall (2002). Podem ser ainda classificadas segundo James (1954) como fácies óxido devido à ocorrência de magnetita como o único mineral de ferro encontrado na rocha.

Segundo Gross (1980) as Formações Ferríferas Bandadas da área de estudo são do tipo Algoma, decorrente de atividade vulcano-exalativa em ambiente marinho profundo, associado a rochas vulcânicas.

A presença de rochas peridotíticas intercaladas com sedimentos químicos sugere que o ambiente de formação seria de fundo oceânico onde ocorriam fumarolas, com pulsos magmáticos ultrabásicos provenientes do manto, pausas ou interrupções desse vulcanismo foram acompanhadas pela deposição de Formações Ferríferas. No decorrer do tempo geológico, todo o conjunto vulcanossedimentar sofreu metamorfismo e deformação. Eventos posteriores alteraram a geometria e o arranjo original dos corpos.

No presente trabalho foi possível correlacionar as Formações Ferríferas da cidade de São Tiago a outra do Quadrilátero Ferrífero, a que está representada no Supergrupo Minas como Formação Cauê, mas somente pela idade, porém a composição mineralógica, o ambiente deposicional, a organização estratigráfica não são compatíveis como indica a tabela abaixo.

Tabela 4: Comparação das Formações Ferríferas próximo da área de estudo com a do presente trabalho.

BIF	Ambiente	Mineralogia	Estratigrafia	Idade
Área de estudo	Marinho profundo	Fácies óxido (magnetita)	Acima quartzito. Intercalada com rocha ultramáfica.	2,4 Ga (Teixeira <i>et al.</i> 2011)
Supergrupo Minas	Plataforma estável	Fácies óxido (hematita) Itabirito dolomítico	Acima dolomitos. Abaixo quartzitos e conglomerados.	2,5-2,4 Ga (Babinski <i>et al.</i> 1993)
Supergrupo Rio Velhas	Plataforma e Marinho profundo	Fácies carbonato Fácies óxido (magnetita)	Associado com metakomatiito, metagrauvascas e filitos carbonosos.	2,8-2,7 Ga (Machado <i>et al.</i> 1992)

8 - Referências

Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, **7**: 349-364.

Alkmim F.F., Brito Neves B.B., Alves, J.A.C. 1993. *Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão*. In: A. Misi & J.M.L. Dominguez (eds.) *O Cráton do São Francisco*, Salvador, SBG, 45- 62.

Alkmin, F. F., Marshak, S. 1998. *Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero*. *Precambrian Research*, **90**:29-58.

Baltazar, O.F.; Rosière, C.; Corrêa Neto, A.V. & Silva, J.N. da 1995, Geologia estrutural do Grupo Maquiné, Supergupo Rio das Velhas, na porção central do Quadrilátero Ferrífero (MG). SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICO, 5, *Boletim de Resumos Expandidos*, SBG, Gramado, p. 11-13.

Baltazar, O. F., Zucchetti, M., 2005. *Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits*. *Ore Geology Reviews*.

Barbosa, O. 1965. *Geologia das Folhas Remanso – Sento Sé, Bahia*. Rio de Janeiro: DNPM, 28p. (Relatório Técnico, 159).

Brito Neves, B.B., Winge, M., Carneiro, M.A. 1996. *Orogêneses precedendo e tafrogêneses sucedendo Rodínia na América do Sul*. *Bol. IG-USP, Sér. Cient.*, **27**: 1-40.

Carneiro A.C. 1992. *O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais): Litoestratigrafia e Evolução Geológica de um Segmento de Crosta Continental do Arqueano*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 233p.

Cloud P. 1973. *Paleoecological significance of the banded iron-formation*. Economic Geology, 68:1135-1143.

Crocco-Rodrigues, F. A.; Ribeiro-Rodrigues, L. C.; Rosière, C. A., 1992. *Análise crítica sobre controvérsia do Grupo Tamanduá, Quadrilátero Ferrífero*. Anais 6º Simp. Geol. MG, Ver. Esc. Minas, v. 45, n. ½: 47-48.

Dalton de Souza, J., Santos, R. A. 1984. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais – Folha SC.24-Y-D (Serrinha), Escala 1:250.000. In: SBG Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro. *Anais*, 3494-3508.

Dardene M.A., Schobbenhaus C. 2001. *Metalogênese do Brasil*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 392p.

Dorr II, J. v. N.; Gair, J. E.; Pomerene, J. B.; Rynearson, G. A., 1957. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM. Avulso 81. 31 p.

Dorr II, J. v. N., 1969. *Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. USGS. Prof. Paper, 641-A, 110 pp, Washington.

Davy R. 1983. *A contribution on the chemical composition of Precambrian Iron-formations*. In: Trendall A.F & Morris R.C. (eds.) Iron Formation: Facts and Problems. Amsterdam, Elsevier, 325-343.

Gair, J.E. 1962. Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima, Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. *U. S. Geological Survey Professional Paper*, **341-a**. USGS-DNPM, Washington. 65 p.

Gross G.A. 1980. *A Classification of Iron-formation Based on Depositional Environments*. Canadian Mineralogist, v. 18, p. 215-222.

Islev A.E. 1995. *Hydrothermal plumes and the delivery of iron to banded iron formations*. J. Geol. 103, 169-185.

Klein C. 2005. *Some Precambrian banded iron-formation (BIFs) from around the world: their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin.* *American Mineralogist*, **90**:1473-1499.

James H.L. 1954. *Sedimentary facies of iron formation.* *Economic Geology*, 49: 235-293.

James, H.L.; Trendall, A.F. *Banded Iron-Formation: Distribution in time and paleoenvironmental significance.* In: HOLLAND, H. D.; SCHIDLOWSKI, M. (Ed). *Mineral Deposits and the Evolution of the Biosphere.* New York: Springer Verlag, 1982. p.199–218.

Ladeira, E.A, 1980, metallogenesis of gold of the Morro Velho Mine and in the Nova Lima district, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Tese de Doutorado*, University of western Ontario. INÉDITA. 272p.

Machado, N.; Noce, C.M.; Ladeira, E.A. & Belo Oliveira, O. 1992. U/Pb geochronology of archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil, *Geological Society of America Bulletin*, **104**: 1221-1227.

Noce C.M., Machado N., Teixeira W. 1998. *U-Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism.* *Rev.Bras.Geoc.*, 28:95-102.

Noce, C.M., Teixeira, W., Quéméneur, J.J., Martins, V.T.S & Bolzachini E. 2000. *Isotopic signatures of paleoproterozoic granitoids from southern São Francisco Craton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny.* *Journal of South American Earth Sciences*, Oxford, **13**(2):225-239.

Moorbath, S.; O'nions, R. K.; Pankhurst, R.J. *Early Archaean Age for the Isua iron formation, West Greenland.* *Nature*, v.245, p.138-139, 1973.

Oliveira F. V. C. S. R. S. Mapeamento, petrografia e geoquímica preliminar dos ortognaisses Bandeira e Canoas, Estado de Minas Gerais. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Oliveira, G.A.I.; Clemente, P.L.C. & Vial, D.S. 1983. Excursão à Mina de Morro Velho. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS. 6. *Anais do Boletim SBG-MG* **3**; 497-505.

O-Rourke, J.E. 1957. The stratigraphy of the metamorphic rocks of the Rio de Pedras and Gandarela quadrangles, Minas gerais, brazil. *PhD Thesis*, University of Winsconsin. 106 p.

Piacentini T.; Boggiani P.C.; Yamamoto J.K.; Freitas B.T.; & Campanha G.A.da Cruz. 2007, *Formação ferrífera associada à sedimentação glaciogênica da Formação Pulga (Marinoano) na Serra da Bodoquena, MS. Revista brasileira de geociência*, v. 37(3): 530-541, 2007 .

Ribeiro A., Trouw, R.A.J., Andreis R.R., Paciullo F.V.P., Valença J.G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo Brasileiro na margem sul do Craton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(4):235-248p.

Schorscher, H.D. 1979. Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento Arqueano do Quadrilátero Ferrífero. *An. Acad. Bras. Ciências*, Rio de Janeiro, 51 (4): 766-768.

Simonson B.M. 1985. *Sedimentological constraints on the origins of Precambrian iron-formations*. *Geol. Soc. Am. Bull.* 96, 244-252.

Stohler, R. C. 2011. Mapeamento geológico do ortognaisse granítico São Tiago, Estado de Minas Gerais. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Teixeira, W.; Carneiro, M. A.; Noce, C. M.; Machado, N. & Taylor, P. N. 1994. Evolução policíclica Arqueana dos complexos Arqueanos da porção meridional do cráton do São Francisco, com base em evidências isotópicas de Sr, Pb e Nd. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 38, Boletim de Resumos Expandidos*. Camboriú, SBG, vol. 1, p. 71-72.

Trendall A.F. 2002. *The significance of iron-formation in the Precambrian stratigraphic Record. Im: Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient*

Depositional Systems. Special Publication n.33 of the IAS (W. Alteramann and P. L. Corcoran eds.), Blacwell Science, p.33-66.

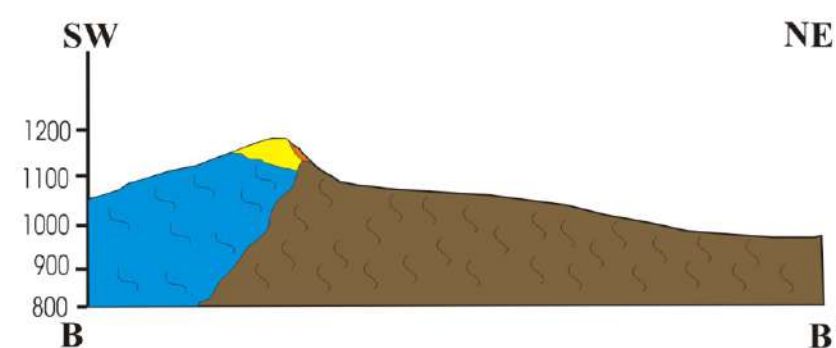
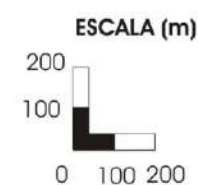
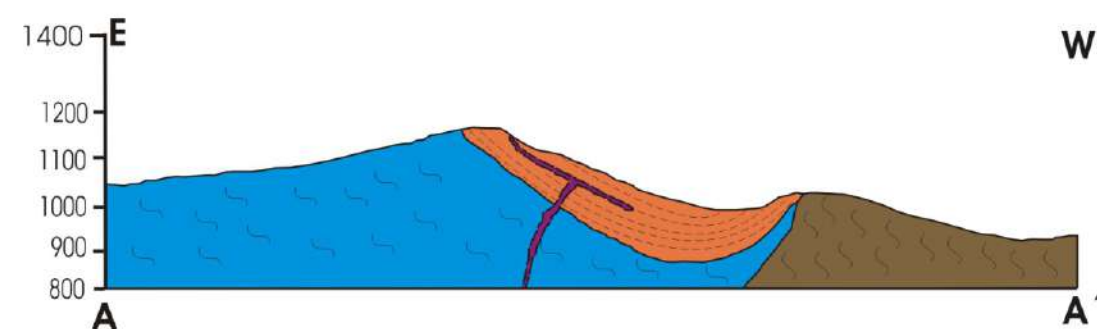
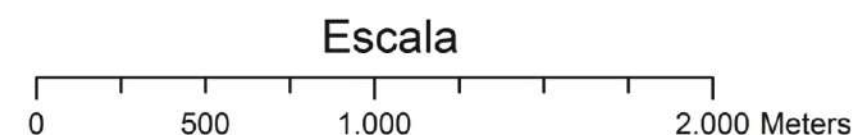
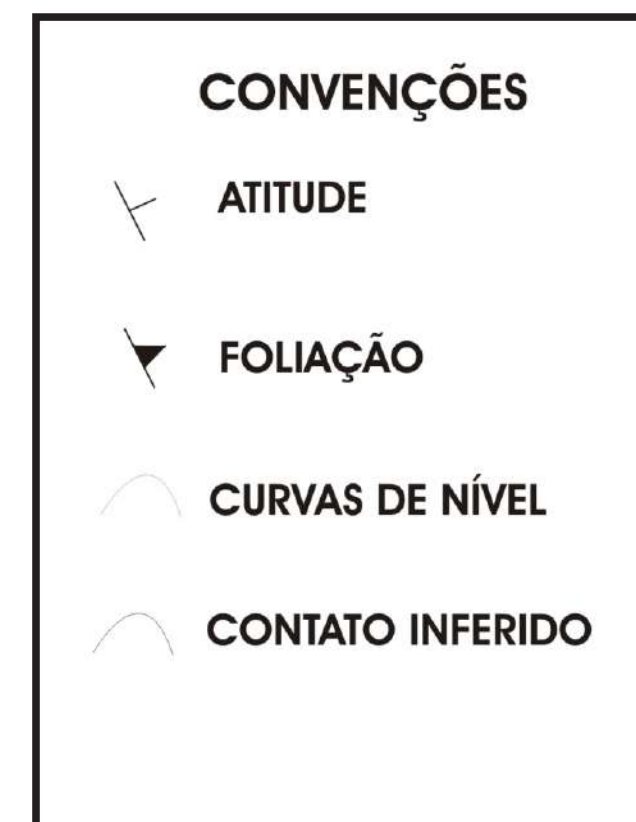
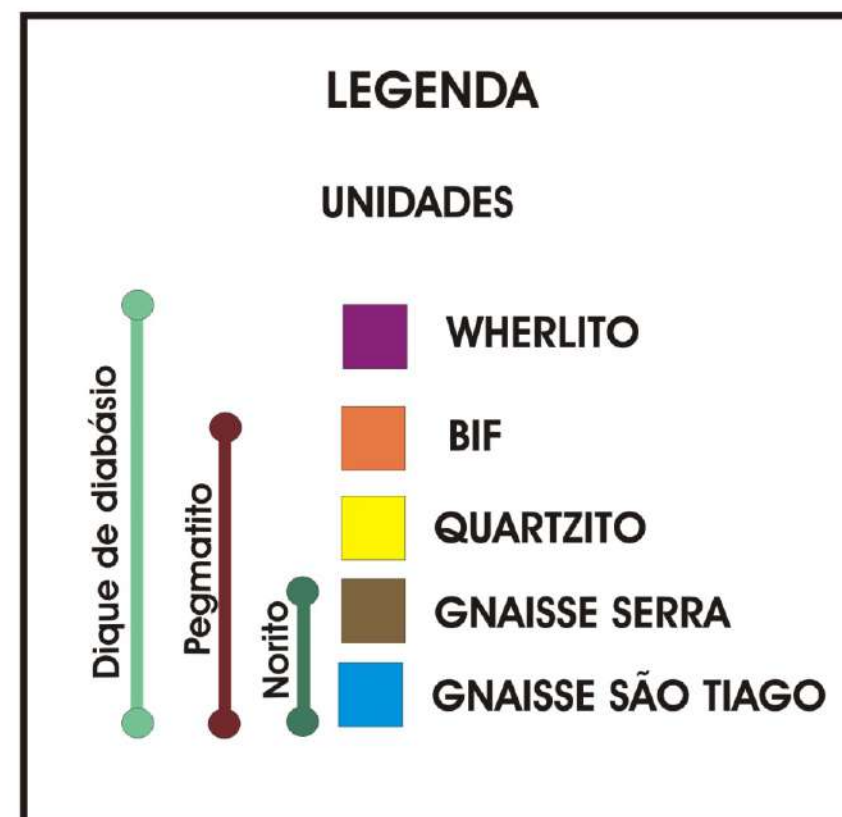
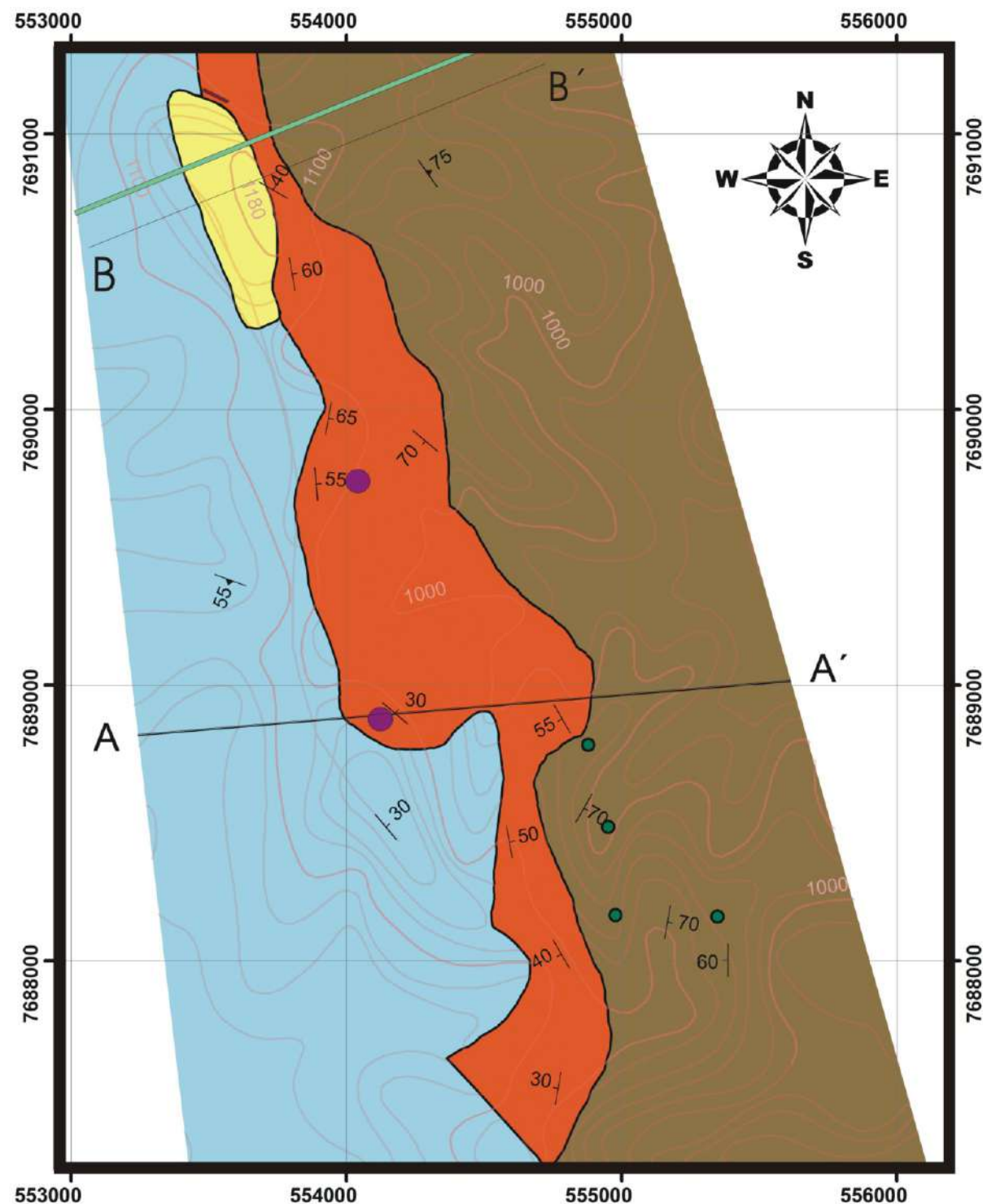
Trendall A.F. & Blockley J.G. 2004. *Precambrian iron-formation*. In: P.G. Eriksson, W. Alteramann, D.R. Nelson, Mueller W.U., O. Catuneanu (eds.) *The Precambrian Earth: tempos and events*. Developments in Precambrian Geology, Elsevier, 12:403-421.

Van Hise C. R. & Leith C. K. 1911. The *geology of the Lake Superior Regions*. U.S. Geol. Survey, Mon, 52, p. 480.

Vieira, F.W.R. & Oliveira, G.A.I. 1988. Geologia do Distrito Aurífero de Nova Lima, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS C. & COELHO, C.E.S. Eds. 1988. *Principais Depósitos Minerais do Brasil*, Brasília, DNPM/CVRD, 3: 377-91

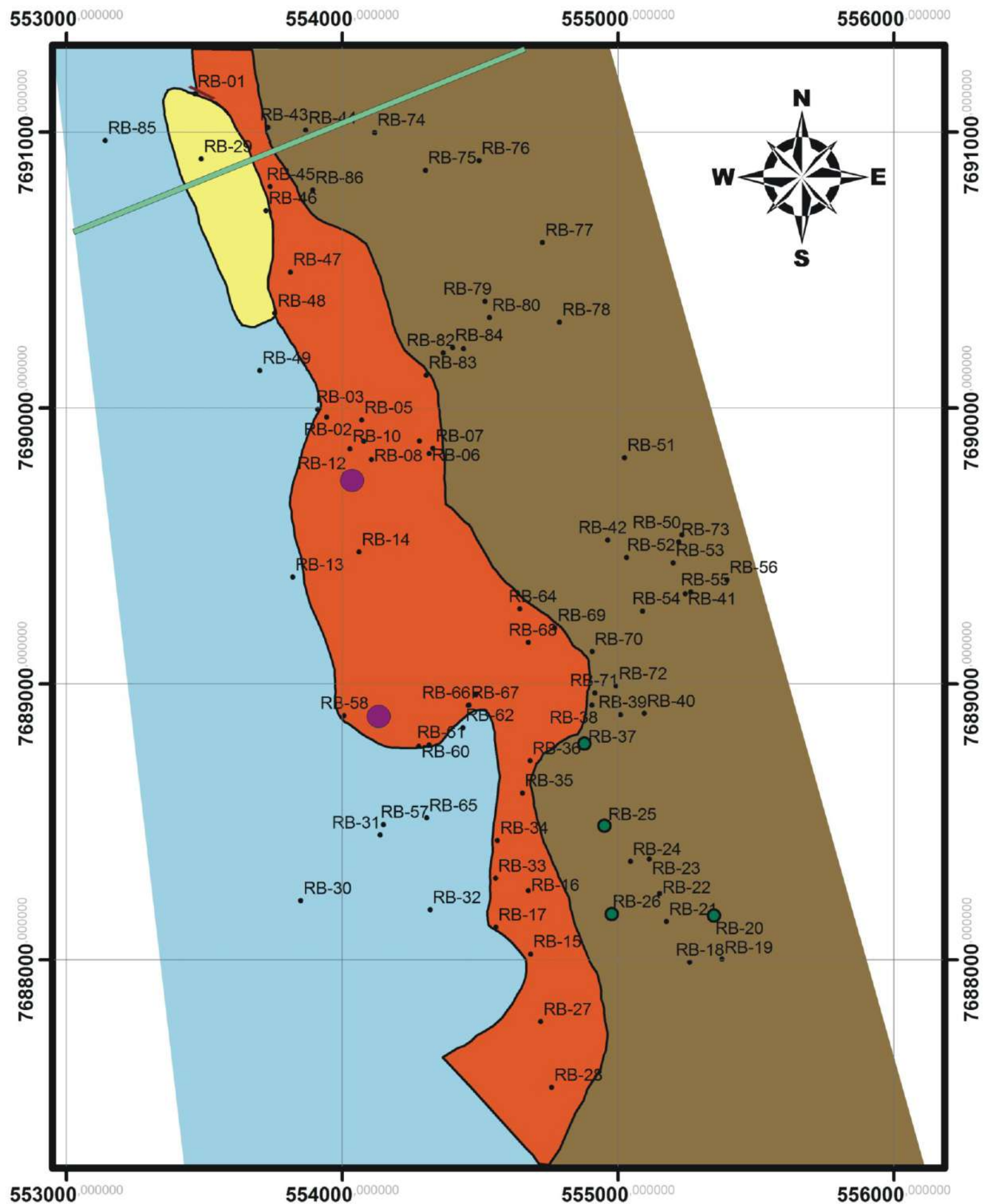
Anexo I: Mapa Geológico

Autor: Renan Canellas Ramsauer



Anexo II: Mapa de Pontos Geológico

Autor: Renan Canellas Ramsauer



CONVENÇÕES

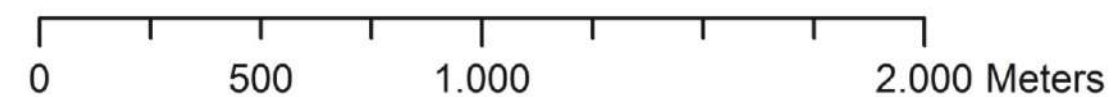
- RB-12 Ponto
- ~ Contato inferido

LEGENDA

UNIDADES

- Dique de diabásio
- Pegmatito
- Norito
- WHERLITO
- BIF
- QUARTZITO
- GNAISSE SERRA
- GNAISSE SÃO TIAGO

Escala



ANEXO III: LISTA DE PONTOS

Pontos	X	Y	Litologia	So	Sn	Foliação	Rumo	Lâmina
RB-01	553466	7691139	BIF com pegmatito	220/80				
RB-02	553944	7689967	BIF	100/60				X
RB-03	553912	7689995	BIF	090/60				X
RB-04	554280	7689881	Gnaiss São Tiago	220/70				
RB-05	554071	7689956	BIF					
RB-06	554315	7689835	BIF	080/50				
RB-07	554329	7689854	BiF					
RB-08	554106	7689813	BIF					X
RB-09	554078	7689880	Gnaiss Serra					
RB-10	554028	7689852	BIF					
RB-11	554009	7689759	BIF					
RB-12	554018	7689754	Rocha ultramáfica	085/60				X
RB-13	553821	7689387	Gnaiss São Tiago		190/55	320/70		X
RB-14	554061	7689478	BIF	095/55				
RB-15	554683	7688020	BIF	240/40				
RB-16	554675	7688250	BIF					X
RB-17	554557	7688118	BIF					X
RB-18	555260	7687991	Gnaiss Serra		207/80			
RB-19	555377	7688002	Gnaiss Serra		270/60			
RB-20	555344	7688148	Norito				350/170	
RB-21	555176	7688138	Gnaiss Serra		100/70			
RB-22	555151	7688240	Gnaiss Serra					
RB-23	555114	7688365	Gnaiss Serra					
RB-24	555045	7688356	Gnaiss Serra					
RB-25	554955	7688482	Norito	120/70				X
RB-26	554971	7688166	Norito					
RB-27	554720	7687775	BIF					
RB-28	554759	7687537	BIF					
RB-29	553489	7690903	Quartzito					
RB-30	553850	7688214	Gnaiss São Tiago					
RB-31	554138	7688452	Gnaiss São Tiago					
RB-32	554319	7688181	Gnaiss São Tiago					
RB-33	554556	7688295	BIF	070/35				
RB-34	554563	7688432	BIF	075/30				
RB-35	554653	7688604	BIF	280/50				
RB-36	554681	7688721	BIF	240/55				
RB-37	554882	7688785	Norito				340/160	
RB-38	554905	7688923	Gnaiss Serra					
RB-39	555009	7688888	Gnaiss Serra					
RB-40	555096	7688893	Gnaiss Serra					
RB-41	555244	7689327	Gnaiss Serra					
RB-42	554963	7689521	Gnaiss Serra					
RB-43	553731	7691018	Gnaiss Serra	270/70				
RB-44	553868	7691007	Gnaiss Serra			65/75		
RB-45	553739	7690803	BIF	030/40				
RB-46	553724	7690716	Quartzito					
RB-47	553812	7690493	BIF	080/60				
RB-48	553756	7690344	Quartzito					

Pontos	X	Y	Litologia	So	Sn	Foliação	Rumo	Lâmina
RB-49	553701	7690136	Gnaiss São Tiago					
RB-50	555232	7689540	Gnaiss Serra					
RB-51	555024	7689820	Gnaiss Serra					
RB-52	555031	7689458	Gnaiss Serra					
RB-53	555200	7689439	Gnaiss Serra					
RB-54	555089	7689264	Gnaiss Serra					
RB-55	555264	7689333	Gnaiss Serra					
RB-56	555395	7689377	Gnaiss Serra					
RB-57	554150	7688490	Gnaiss São Tiago	050/30		260/90		
RB-58	554006	7688885	BIF					
RB-59	554139	7688888	Rocha ultramáfica	040/30				
RB-60	554278	7688774	BIF					
RB-61	554315	7688779	BIF					
RB-62	554438	7688841	Gnaiss São Tiago					
RB-63	554485	7688960	BIF					
RB-64	554644	7689272	BIF					
RB-65	554306	7688514	Gnaiss São Tiago					
RB-66	554460	7688923	Gnaiss São Tiago					
RB-67	554457	7688922	BIF					
RB-68	554675	7689150	BIF					
RB-69	554771	7689203	BIF					
RB-70	554906	7689117	Gnaiss Serra					
RB-71	554916	7688967	Gnaiss Serra	090/45				
RB-72	554993	7688992	Gnaiss Serra					
RB-73	555220	7689514	Gnaiss Serra					
RB-74	554118	7690999	Gnaiss Serra					
RB-75	554302	7690862	Gnaiss Serra	055/75				
RB-76	554496	7690897	Gnaiss Serra					
RB-77	554726	7690600	Gnaiss Serra					
RB-78	554788	7690311	Gnaiss Serra					
RB-79	554518	7690387	Gnaiss Serra					
RB-80	554534	7690328	Gnaiss Serra					
RB-81	554440	7690215	Gnaiss Serra					
RB-82	554366	7690200	Gnaiss Serra					
RB-83	554304	7690119	BIF					
RB-84	554400	7690219	Gnaiss Serra					
RB-85	553141	7690970	Gnaiss São Tiago					
RB-86	553893	7690790	Gnaiss Serra					